



LAPORAN PPKP FKIP TAHUN 2011

UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERFIKIR MAHASISWA DENGAN METODE *PROBLEM SOLVING* BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*

Oleh :

Dr. Eko Swistoro, M.Pd
Dra. Connie, M.Pd

Dibiayai oleh :

**Dana DIPA FKIP Universitas Bengkulu Berdasarkan Surat Kontrak Nomor
2672/HK30.30/2011 Tanggal 18 Mei 2010**

MENGESAHKAN

SALINAN / FOTO COPY SESUAI DENGAN ASLINYA
KABAG. TATA USAHA FKIP UNIB

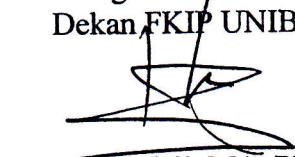


**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS BENGKULU
2011**

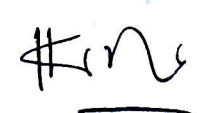
HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HIBAH PENGAJARAN PPKP FKIP UNIB 2011

1. Judul Penelitian	UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERFIKIR MAHASISWA DENGAN METODE <i>PROBLEM SOLVING</i> BERBASIS <i>PROBLEM BASED LEARNING</i>
2. a. Mata kuliah f. Bidang Kajian	Pendahuluan Fisika Zat Padat Penerapan Strategi/Inovasi Pembelajaran
3. Ketua Peneliti a. Nama Lengkap dan gelar b. Jenis Kelamin c. Pangkat, Golongan, NIP d. Program Studi/Jurusan e. Fakultas f. Institusi/Universitas g. Alamat Rumah h. Nomor Telepon/Hp email	Dr. Eko Swistoro, M.Pd Laki-laki Pembina, IV b/ 195611231983121001 Pendidikan Fisika /JPMIPA FKIP Universitas Bengkulu Jl.Wr.Supratman Blok I No. 30 Perum UNIB Pematang Gubernur Bengkulu 0736-7310557/ 081367549564
4. Nama Anggota Peneliti	Dra. Connie, M.Pd
5. Lama Penelitian	5 Bulan (Mei 2010 – Oktober 2011)
6. Biaya yang diperlukan a. Sumber dari DIABERMUTU b. Sumber lain sebutkan	Rp. 6. 000.000,- (Enam Juta Rupiah) Tidak Ada

Mengetahui/
Dekan FKIP UNIB


Drs. Safnil, MA, Ph.D
NIP.1961 10 12 1986 01 1002

Bengkulu, 2 Oktober 2011
Ketua Peneliti,


Dr. Eko Swistoro, M.Pd
NIP.19511231983121001

MENGESAHKAN

SALINAN / FOTO COPY SESUAI DENGAN ASLINYA
KABAG TATA USAHA FKIP UNIB



Drs. LEKAT RINIYADN, M.Pd
NIP.1961 06 03 1988 03 1002

UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERFIKIR MAHASISWA DENGAN METODE *PROBLEM SOLVING* BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*

Connie *)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk dapat meningkatkan Mutu Proses dan Mutu Hasil pembelajaran pada mahasiswa Pendidikan Fisika semester 7 TA 2011/2012 pada mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat dengan menerapkan Pendekatan Problem Based Learning. Mutu proses pembelajaran meliputi : kompetensi *problem solving* (berfikir tingkat tinggi) dan kompetensi bekerja dalam kelompok (*cooperatif grouping*). Melalui Penelitian Kaji Tindak Praktisi-Peneliti (*Practitioner-Researcher*), penelitian ini secara langsung (*measurable*) dan tidak langsung (*observable*) dapat memberikan kontribusi yang 'berarti' bagi pemecahan masalah pembelajaran di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Bengkulu. Hasil Penelitian diperoleh peningkatan hasil belajar mahasiswa dari tes siklus I sebesar 67,43, meningkat menjadi 75,15 pada siklus II dan 81,06. pada siklus III sehingga acuan keberhasilan sudah terpenuhi. Hasil kemampuan berfikir mahasiswa dengan keterampilan *meta component*, *performance component* dan *Knowledge Acquisition component* pada siklus I dengan nilai 67 meningkat menjadi 75,25 pada siklus II dan 81,75 pada siklus III. Kemampuan mahasiswa membangun peta konsep pada siklus I dengan nilai 68 meningkat menjadi 75 pada siklus II dan 79 pada siklus III. Hasil pengamatan terhadap aktivitas dosen selama proses pembelajaran dalam menerapkan metode *problem solving* berbasis PBL pada siklus I sudah menerapkan secara baik 5 indikator dari 7 indikator kinerja yang ditetapkan dan pada siklus II dan III semua indikator dilaksanakan lebih baik. Respon mahasiswa terhadap penerapan metode *problem solving* berbasis PBL sangat positif. Kesimpulannya, Penerapan Metode *Problem Solving* Berbasis *Problem Base Learning* dapat meningkatkan mutu proses dan mutu hasil pembelajaran Mahasiswa Program Studi Fisika FKIP UNIB semester 7 tahun ajaran 2011/2012 pada perkuliahan Pendahuluan Fisika Zat Padat Sub konsep Struktur Kristal Kubik, Ruang Kisi Rill dan Ruangan Kisi Resiprok

Kata Kunci : Metode Problem Solving, Problem Based Learning, Kemampuan berfikir dan Peta Konsep

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Laporan Peneliiian ini telah dapat diselesaikan dengan baik. Laporan dari Penelitian berjudul;

”UPAYA MENIGKATKAN KEMAMPUAN BERFIKIR MAHASISWA DENGAN METODE *PROBLEM SOLVING* BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*

DI PROGRAM STUDI FISIKA FKIP UNIVERSITAS BENGKULU” adalah penelitian bidang Pendidikan dalam rangka meningkatkan Kualitas Pembelajaran. Penelitian ini penting dilakukan dalam rangka pembentukan pebelajar yang mandiri sehingga perlu pengembangan kemampuan berfikir mereka melalui metode problem solving berbasis Problem Based Learning yang berguna bagi pembentukan profesinalisme calon guru fisika. Untuk dapat terlaksananya penelitian ini dan penyusunan laporan, banyak sekali bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional selaku penyandang dana Program DIA BERMUTU 2011
2. Manajemen Laboratorium Pembelajaran Fisika FKIP Universitas Bengkulu
3. Staf Dosen dan Mahasiswa yang terlibat dalam Kegiatan Penelitian ini

Akhirnya penulis berharap semoga hasil penelitian yang dituangkan dalam laporan ini dapat bermanfaat.

Bengkulu, 2 Oktober 2011

Penilis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Kompetensi Mahasiswa.....	3
2.2. Problem Solving	3
2.3. Problem Based Learning	5
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	7
3.1. Tujuan Penelitian	7
3.2. Manfaat Penelitian	7
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	8
4.1. Prosedur Penelitian.....	8
4.2. Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	12
4.3. Indikator Kinerja Utama	13
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	14
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	25
6.1. Kesimpulan	25
6.2. Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	28

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Matakuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat merupakan mata kuliah wajib di Program Studi Pendidikan Fisika dengan bobot SKS 3 (3-0). Mata kuliah ini adalah merupakan kuliah dasar bagi kelompok mata kuliah keahlian program studi pada program S-1 Program Studi Pendidikan Fisika. Setelah mengikuti perkuliahan ini mahasiswa diharapkan menguasai struktur kurikulum dan materi ajar fisika di sekolah secara komprehensif, mantap dan mendalam, relevan dengan tuntutan kompetensi yang terdapat dalam standar nasional pendidikan. Dalam perkuliahan ini dibahas deskripsi kedalaman, keluasan, urutan penyampaian, aspek kognitif, afektif dan psikomotorik dan contoh penerapan dari materi-materi pembelajaran besaran dan satuan, tata surya, suhu dan kalor, kinematika, dinamika, usaha dan energi, momentum linear dan impuls, momentum sudut dan rotasi benda tegar, fluida, teori kinetik gas, dan termodinamika di sekolah. Perkuliahan dilaksanakan menggunakan pendekatan konseptual dan kontekstual dengan metoda demonstrasi, diskusi, tanya jawab, dan ceramah, dilengkapi dengan penggunaan LCD, dan alat peraga fisika. Beberapa konsep pada mata kuliah ini ada yang bersifat abstrak, empirik, dan matematik, sehingga perlu pengembangan bahan ajar yang dapat memvisualisasikan dan menganimasikan konsep-konsep tersebut.

Hasil penelitian yang dilakukan P2AP menunjukkan bahwa mutu proses belajar mengajar yang telah dilakukan berada pada kategori cukup (2,65 s.d 3,55). Dan aspek keaktifan mahasiswa dalam KBM berada dalam kategori cukup (2,76). Hasil refleksi terhadap rendahnya kualitas keaktifan mahasiswa dalam perkuliahan dapat disebabkan oleh (a) model pengajaran konvensional (*chalk and talk*) yang mengakibatkan mahasiswa bersifat pasif dan menghafalkan atau mengingat fakta-fakta, konsep, prinsip, hukum dan rumus. (b) terbatasnya media/sumber belajar mendorong mahasiswa lebih tergantung pada dosen sebagai sumber belajar. Sehingga mahasiswa lebih dominan berperan sebagai penerima informasi tanpa terlibat aktif

secara kritis dan analitis (c) lemahnya kemampuan belajar ditunjukkan kurangnya minat untuk menyelesaikan tugas rumah.

Berdasarkan kondisi riil di atas serta tuntutan terhadap peningkatan mutu hasil dan proses belajar, diperlukan strategi pembelajaran yang lebih bermakna dalam proses pembelajaran dan pengajaran Pendahuluan Fisika Zat Padat dengan pendekatan Problem-Based Learning (PBL) dalam bentuk penelitian Kaji Tindak Praktisi-Peneliti (*Practitioner-Researcher*). Melalui metode pembelajaran problem solving, mahasiswa tidak lagi menghafal tetapi mengalami dan berproses untuk membangun pengalaman belajarnya sendiri. Dengan demikian, kegiatan belajar mengajar (KBM) akan dapat meningkatkan mutu hasil dan proses belajar untuk mencapai kompetensi lulusan yang diamanahkan oleh HELTS 2003-2010 karena kompetensi bekerja sama (*teamwork*) dan pemecahan masalah (*problem solving*) yang dihadapi dalam dunia nyata merupakan kompetensi yang dibutuhkan dalam dunia kerja (Hasil Survey oleh American Institute of Physics terhadap lulusan fisika)

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan pembatasan masalah di atas, maka rumusan masalah penelitian adalah :

1.1. Apakah Penerapan Pembelajaran Pendahuluan Fisika Zat Padat dengan metode *problem solving* berbasis Problem Based Learning (PBL) dapat meningkatkan mutu proses pembelajaran pada mahasiswa pendidikan fisika semester 7 TA 2011/2012?

Permasalahan mutu proses pembelajaran meliputi :

- Apakah kompetensi *problem solving* (berfikir tingkat tinggi) mahasiswa dapat ditingkatkan melalui metode *problem solving* berbasis *Problem-Based Learning*
- Apakah kompetensi bekerja dalam kelompok (*cooperatif grouping*) dapat ditingkatkan melalui metode *problem solving* berbasis *Problem-Based Learning*.

1.2. Apakah mutu hasil belajar mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat dapat ditingkatkan melalui metode *problem solving* berbasis *Problem-Based Learning* pada mahasiswa pendidikan fisika semester 7 TA 2011/2012

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kompetensi Mahasiswa

Tujuan proses pembelajaran yang hendak dicapai dalam perkuliahan di program studi Pendidikan Fisika mencakup 3 ranah (*Taxonomi Bloom*); (a) psikomotorik merupakan kompetensi yang dicapai melalui kegiatan di laboratorium untuk menguasai keterampilan eksperimental, (b) kognitif merupakan kompetensi yang dicapai melalui kegiatan penalaran untuk penguasaan intelektual, dan (c) afektif merupakan kompetensi untuk menumbuhkan kepekaan lingkungan sehingga mahasiswa mencapai kematangan emosional dalam kehidupan sosialnya. Kombinasi yang seimbang ketiga kompetensi tersebut merupakan tujuan dasar penyelenggaraan pendidikan di perguruan tinggi, khususnya program studi Pendidikan Fisika sebagai pelaksana penyelenggara pendidikan untuk menyiapkan pakar, peneliti dan/atau pemikir yang mempunyai pola berfikir kritis, analitis dan kreatif (*life skill*).

Kompetensi yang ingin dicapai oleh mahasiswa dalam pengajaran di kelas (*transfer of knowledge*) dapat dalam bentuk penguasaan IPTEK, keterampilan berfikir secara logis, kritis dan analitis, kemampuan bekerja dalam kelompok dan individu, keterampilan berkomunikasi lisan dan tulisan (*HELTS 2003-2010*). Proses pendidikan untuk menumbuhkan dan mengembangkan kompetensi di atas dimulai dari proses pengenalan definisi, hukum, konsep dan pemahaman bagaimana pengetahuan sebelumnya (*prior knowledge*) menjadi pengetahuan baru yang diperlukan dalam kegiatan *Problem Solving*.

2.2. Problem Solving

Meskipun belum ada definisi yang dapat diterima secara umum, problem solving merupakan suatu metode pembelajaran (*proses*) dan sekaligus dampak (*outcome*) pembelajaran (Woods, 1993; Pizzini, Shepardson dan Abell, 1989). Gagne (1985) menyimpulkan bahwa tiga kemampuan yang harus dimiliki dalam problem solving yaitu (a) keterampilan intelektual; hukum, prinsip dan konsep yang harus

diketahui untuk menyelesaikan permasalahan, (b) informasi verbal dalam skemata untuk memudahkan pemahaman masalah dan penilaian solusi, dan (c) strategi kognitif yang menyebabkan seseorang untuk memilih informasi dan keterampilan yang tepat dan untuk memutuskan bila dan bagaimana mengaplikasikan strategi kognitif untuk memecahkan masalah.

Proses problem solving memerlukan 3 kategori keterampilan berfikir yaitu *metacomponent*, *performa component* dan *knowledge-acquisition component* (Sternberg, 1985). *Metacomponent* digunakan untuk perencanaan, memonitor dan mengevaluasi. *Metacomponent* juga meliputi kegiatan seperti pengenalan suatu masalah, menyatakan kembali masalah secara rinci dan jelas, menetapkan prosedur pemecahan masalah, pengalokasian waktu, memonitor jawaban, menggunakan umpan balik dari jawaban dan melakukan kegiatan dalam fikiran (*forming a mental representation*). *Performance component* digunakan untuk melaksanakan *metacomponent* dan memberikan masukan (*feedback*). *Performance component* termasuk pola berfikir induktif dan deduktif, kemampuan visualisasi ruang dan kemampuan membaca. *Knowledge-acquisition component* digunakan untuk mempelajari konsep-konsep atau prosedur. Penggunaan simbol-simbol (*encoding*), kombinasi dan membandingkan merupakan keterampilan *knowledge-acquisition*. *Encoding* melibatkan proses seleksi informasi sebaliknya kombinasi melibatkan penggabungan dan menata informasi yang relevan, dan membandingkan melibatkan pengetahuan yang telah ada dengan informasi baru.

Secara umum, permasalahan fisika mempunyai tiga komponen : informasi yang diberikan, operasi matematika yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dan tujuan atau deskripsi permasalahan. Kesulitan utama yang dialami oleh mahasiswa adalah menerjemahkan informasi dalam soal cerita menjadi pernyataan dalam bentuk persamaan matematika (*variable in Algebraic Equations*). Kesulitan ini mendorong mahasiswa untuk melakukan kesalahan dalam memperoleh persamaan matematika. Clement et.al (1981) menyebutkan kesalahan ini sebagai *word error matching* yaitu kesalahan dalam pemberian makna kata terhadap simbol-simbol aljabar. Rendahnya kemampuan membaca bahasa verbal (Mc Demott, Shaffter dan Somers, 1994 menyebutnya sebagai *Linguistic complications*) dan menerjemahkannya kedalam

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian dilakukan tiga tahap, yaitu (a) tahap diagnostik dan perumusan hipotesis tindakan, (b) tahap terapi merupakan perbaikan pembelajaran dengan menerapkan model yang terdiri dari empat siklus (Spiral) Kurt Lewin : Perencanaan (planning), Pelaksanaan (acting), Pengamatan (observing), Refleksi (reflecting) dan (c) tahap pasca terapi (pemantapan dan keberlanjutan tindakan).

a. Tahap Diagnostik dan Perumusan Hipotesis Tindakan

Tim pengajaran/peneliti melakukan diagnosis terhadap proses pengajaran, kemampuan dan aktifitas belajar mahasiswa fisika di kelas pada mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat pada tahun ajaran 2011/2012 dengan berpedoman pada (1) capaian hasil belajar (nilai tugas, kuis, UTS dan UAS), (2) Hasil evaluasi PBM oleh P2AP secara rerata dalam kategori cukup, dan (3) Hasil pengamatan selama satu semester oleh dosen dan angket terbuka serta interview dengan beberapa mahasiswa. Hasil diagnosis menemukan bahwa prestasi belajar mahasiswa pada mata kuliah belum optimal disebabkan oleh :

Proses pembelajaran yang terjadi belum dapat menciptakan mahasiswa sebagai problem solver ‘tangguh’ (terungkap melalui angket terbuka dan wawancara) sehingga mayoritas (85 %) mahasiswa menyatakan “Saya mengerti materi perkuliahan, tetapi saya tidak dapat menyelesaikan soalnya” dan 95 % mahasiswa menyatakan “Saya mengetahui bagaimana contoh soal dari buku/perkuliahan diselesaikan, tetapi soal-soal pada Tugas, Kuis, UTS dan UAS sangat berbeda dan sulit diselesaikan,

Rendahnya partisipasi aktif mahasiswa di kelas sehingga keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran relatif minim yang ditunjukkan oleh sifat pasif mahasiswa bila diberi kesempatan untuk bertanya, dan rendahnya motivasi belajar mahasiswa yang ditunjukkan oleh keseragaman cara dalam penyelesaian soal-soal (tugas mandiri terstruktur). Serta, rendahnya daya retensi mahasiswa terhadap materi perkuliahan

sebelumnya yang diketahui melalui ketidakmampuan mahasiswa untuk menjawab pertanyaan lisan di kelas,

Belum terjadinya proses pembelajar bermakna pada diri mahasiswa yang diindikasikan dari ketidakmampuan menghubungkan konsep, prinsip dan hukum terhadap permasalahan fisika dalam kehidupan nyata. Kecenderungan pemahaman yang kurang tepat bahwa konsep satu dengan lainnya tidak saling berhubungan sehingga pengetahuan fisika dalam skemata mahasiswa terdiri dari penggalan-penggalan konsep, prinsip dan hukum,

Pengajaran konvensional (*chalk and talk*) yakni curah informasi divariasikan dengan penugasan di kelas dan rumah sehingga menstimulir mahasiswa bersifat pasif dan KBM dominan terjadi satu arah yang lebih didominasi oleh dosen. Hal ini menyebabkan ketergantungan mahasiswa pada dosen sebagai sumber informasi sangat tinggi. Proses pendidikan untuk menjadi mahasiswa mandiri dalam belajar tidak optimal terjadi. Dan, lemahnya kompetensi/penguasaan materi kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat akan memberi dampak terhadap penguasaan materi kuliah fisika berikutnya.

Berdasarkan hal-hal di atas, tim pengajar/peneliti melakukan refleksi dan sepakat untuk menentukan metode pemecahannya yaitu dengan melakukan inovasi KBM melalui pembelajaran berbasis laboratorium dengan pendekatan problem-based learning dan metode problem solving. Model ini mempunyai keunggulan dan relevan dengan paradigma baru pendidikan di perguruan tinggi.

Berlandaskan refleksi dan solusi di atas, dapat dirumuskan hipotesis tindakan yaitu :

- Jika diterapkan model pembelajaran melalui metode problem solving berbasis laboratorium dengan pendekatan problem based learning, maka kompetensi problem solving mahasiswa Pendidikan Fisika dalam mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat dapat meningkat.
- Jika diterapkan model pembelajaran dengan metode problem solving berbasis laboratorium dengan pendekatan problem based learning, maka mutu hasil belajar (kinerja) mahasiswa Pendidikan Fisika dalam mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat dapat meningkat.

b. Tahap Terapi.

Pada tahap ini perbaikan pembelajaran dilakukan tiga siklus tindakan dan tiap siklus dilakukan sesuai dengan perubahan yang ingin dicapai dengan

berdasarkan kepada faktor-faktor yang diselidiki. Langkah-langkah tindakan sebagai berikut :

1). Perencanaan

Tim peneliti sebagai pelaksana tindakan dan subjek penelitian melakukan kegiatan :

(a). Melakukan analisis intruksional sebagai dasar untuk mendesain skenario KBM. Skenario ini (tabel 1) mencakup serangkaian kegiatan yang dijadikan rambu-rambu bagi dosen dalam pelaksanaan tindakan dan sifatnya fleksibel sehingga dosen lebih dapat berimprovisasi dalam KBM.

Tabel 1. Skenario Pembelajaran

Dosen		Mahasiswa	
Kegiatan	Waktu	Kegiatan (Task Format)	Keterangan
a. Overview materi kuliah melalui diskusi dengan menggunakan teknologi media pembelajaran: software, LCD, modeling	3 SKS	a. Diskusi/Tanya jawab	Kegiatan terstruktur (kuliah)
b. Penugasan untuk menjawab pertanyaan terbuka: definisi besaran fisika, makna fisis persamaan, konsep-konsep dasar, makna fisis prinsip dan hukum fisika.		b. Mempelajari secara deep structure setiap materi kuliah dan open-ended question dan penelusuran bahan di pustaka	Mandiri terbimbing dan bebas (peer-tutoring)
c. Mengajukan open-ended question tentang fenomena alam, permasalahan Pendahuluan Fisika Zat Padat yang dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.		c. Menerapkan keterampilan berfikir tingkat tinggi : berfikir kritis dan kreatif	Belajar dalam cooperative grouping
d. Brainstorming dalam kelompok kecil dan kelas untuk menggali ide-ide		d. Mengajukan ide dan merumuskan pernyataan untuk diselidiki	Belajar semua anggota kelas
e. Melaksanakan strategi pengajaran collaborative dan co-operative learning berbasis problem based learning		e. Bekerja dalam kelompok dengan metode problem solving untuk memperoleh jawaban	
f. Melaksanakan assessment untuk menilai performance mahasiswa		f. Merepresentasikan jawaban untuk memperoleh validasi hasil ke semua anggota kelas melalui pola diskusi	

(b) Menyiapkan alat evaluasi untuk mengukur kemajuan mahasiswa dan dosen selama tindakan dilakukan : (a) Peta Konsep untuk mengetahui (Novak, 1991) konsep/prinsip atau rumus yang digunakan oleh mahasiswa dalam menjawab permasalahan, (b) Tes Pengetahuan Awal (Pre-Test) mahasiswa untuk mengetahui penguasaan materi kuliah sebelumnya, (c) Lembar Kerja Mahasiswa sebagai alat evaluasi untuk mengetahui kompetensi problem solving mahasiswa dengan merumuskan terlebih dahulu system penilaiannya (flow-chart grading), (d) Angket Kepuasan (skala Likert) untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap proses pembelajaran yang dilakukan.

- (c) Menyiapkan butir Tes Formatif (pos-tes) dan melaksanakannya untuk mengetahui penguasaan materi mahasiswa pada pokok bahasan yang dipelajari. Hasil tes dijadikan mutu kinerja belajar untuk setiap mahasiswa.
- (d) Merancang Alat, Cara dan Penilaian Observasi. Lembar observasi digunakan sebagai pedoman bagi pengamat (observer) untuk selama pelaksanaan tindakan.
- (e) Menyiapkan Media Pembelajaran, Bahan Rujukan, dan Fasilitas pendukung di kelas yang digunakan untuk membantu pelaksanaan skenario KBM.
- (f) Melakukan Simulasi Tindakan karena model pembelajaran tersebut belum pernah diterapkan oleh dosen dan dialami oleh mahasiswa.

2). Pelaksanaan Tindakan

Kegiatan dalam tahap ini adalah pelaksanaan skenario KBM yang dirancang seperti tabel 1 oleh dosen peneliti sedangkan anggota lainnya berperan sebagai pengamat dan pengumpul data. Pelaksanaan tindakan dilakukan selama beberapa pertemuan (4 SKS) sesuai dengan pokok bahasan dan ketuntasan belajar yang ingin dicapai (KBK)

3). Pengamatan

Proses observasi kelas dilaksanakan dalam tahap ini yang bertujuan untuk mengamati proses pembelajaran dan pengajaran yang sedang berlangsung di kelas dengan berpedoman kepada lembar observasi. Sebelum siklus berakhir, angket diberikan kepada mahasiswa untuk menggali data tentang tanggapan mahasiswa terhadap kegiatan belajar yang dilakukan.

4. Refleksi

Semua informasi/data yang diperoleh dalam tahap observasi dikumpulkan dan dianalisa dalam tahap ini secara komprehensif. Dari hasil observasi, penilaian hasil LKM, peta konsep serta angket kepuasan mahasiswa digunakan oleh dosen untuk merefleksikan diri serta menentukan apakah kegiatan pembelajaran dapat meningkatkan mutu proses dan hasil pembelajaran pada mata kuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat . dan, jurnal yang dibuat oleh dosen digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi dirinya sendiri.

Himpunan informasi/data dipergunakan untuk mengukur keberhasilan pelaksanaan siklus I sebagai titik tolak untuk merencanakan siklus ke-n. Analisis data dilakukan secara kuantitatif (membandingkan pre dan pos tes dengan t-test) dan kualitatif (dianalisis secara induksi, dan prosentase). Berdasarkan hasil analisa ini ditentukan tingkat keberhasilan (indicator kinerja untuk setiap faktor yang diselidiki) tindakan dan dicari penyebabnya. Jika hasil menunjukkan negative, tim peneliti melakukan pemecahannya untuk ditindak lanjuti pada siklus kedua.

b. Tahap Pasca Terapi

Kegiatan yang dilakukan adalah melakukan kajian secara komprehensif terhadap pelaksanaan tindakan yang berdasarkan data-data yang telah dianalisis. Analisis data kuantitatif dilakukan dengan statistic deskriptif dan t-test untuk membandingkan kemajuan dari setiap siklus.

5. Faktor-faktor yang diselidiki

Untuk menjawab permasalahan yang diajukan PTK ini, ada beberapa factor yang ingin diselidiki :

a). Faktor mahasiswa ;

Dengan mengacu kepada kemampuan mahasiswa dalam meyelesaikan persoalan-persoalan mekanika yang diketahui dari lembar kerja mahasiswa serta tes tertulis, indikator keberhasilan diukur dari keterampilan berfikir yang diterapkan dalam kegiatan problem solving seperti tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2: Kemampuan berfikir dan indikator yang dinilai pada Lembar Kerja Mahasiswa dan Tes

N0	Keterampilan berfikir	Komponen	Indikator Kinerja
1	Meta component	a. Pengetahuan operasional	1. Kemampuan menginterpretasi variabel dan hubungan antar variable dalam soal
			2. Menterjemahkan informasi verbal kepersamaan matematika
		b. Pengetahuan Prosedural	1. Menggambarkan diagram bebas
			2. Mengidentifikasi konsep yang digunakan
2	<i>Performance Component</i>	Situasi Permasalahan	1. Kemampuan menampilkan permasalahan dalam situasi ril
			2. Kemampuan menunjukkan jawaban diperoleh dengan pola berpikir logis (deduksi-induksi) dan sesuai dengan soal
			3. Kemampuan menterjemahkan informasi yang dinyatakan dalam soal
3	<i>Knowledge-Acquisition component</i>	Pengetahuan Konseptual	Kemampuan menggunakan/ menggabungkan konsep dan pengetahuan yang lebih umum

b). Faktor Dosen

Pengamatan dilakukan oleh 2 orang pengamat dan hasilnya digunakan sebagai *feed back* untuk perbaikan pada siklus berikutnya. Pengamatan difokuskan kepada bagaimana peranan dosen dalam Collaborative and student-Centered Instructional design (lihat tabel 3).

Tabel 3. Variabel Pengamatan pada Dosen Selama Pengajaran *Problem-Based Learning*

N0	Variabel Pengajaran	Indikator Kinerja	Alat Ukur
1	Brainstorming	1. Kemampuan dosen sebagai fasilitator dalam menghimpun idea-idea dari kelompok diskusi	Lembar observasi
		2. Kemampuan dosen untuk menstimulasi mahasiswa dalam perumusan permasalahan	Lembar observasi
2	Pertanyaan Terbuka	Kemampuan dosen dalam mengajukan pertanyaan untuk mengeksplorasi idea dari mahasiswa	Lembar observasi

- b. Data hasil kerja observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran.
- c. Peta konsep yang dibangun oleh setiap mahasiswa.
- d. Data angket kepuasan mahasiswa
- e. Jurnal dosen yang direkam oleh dosen setelah pembelajaran selesai.
- f. Tes hasil belajar untuk setiap siklus.

7. Teknik Pengambilan Data

Untuk menjawab permasalahan penelitian, data dikumpulkan melalui :

- a). Data untuk kerja siswa dalam penyelesaian masalah diperoleh langsung dari LKM. Lembar kerja ini diskor dengan menggunakan flow-chart grading. Lembar kerja ini digunakan untuk mengkaji proses berfikir yang terjadi pada diri mahasiswa melalui urutan berfikir yang ditunjukkan pada jawaban tersebut. proses urutan berfikir yang digunakan adalah apakah sesuai dengan yang digunakan para ahli fisika/eksak (induksi/deduksi) atau berfikir secara intuitif saja.
- b). Data tentang situasi belajar mengajar pada saat dilakukan tindakan diperoleh dengan menggunakan lembar observasi yang berpedoman indikator kinerja pada tabel 2. Dosen/peneliti berkolaborasi dengan tema sejawat untuk mendiskusikan serta merefleksikan hasil-hasil pengamatan pada lembar observasi.
- c). Peta konsep yang digunakan untuk mengetahui apakah mahasiswa menguasai konsep-konsep, prinsip dan hukum secara utuh atau terpisah-pisah yang diterapkan dalam memperoleh jawaban permasalahan.
- d). Angket kepuasan dapat memberikan informasi tentang tanggapan mahasiswa terhadap pembelajaran yang telah berlangsung, seperti pendekatan pembelajaran yang digunakan, instrumen/lembar kerja dan peranan dosen dalam PBM serta tanggapan keberlanjutan kegiatan tersebut.
- e). Data tentang refleksi diri serta gejala sosial yang terjadi di kelas diperoleh dari jurnal dosen. Melalui teknik participant observation (metode penelitian kualitatif) pelaksana tindakan dapat mencatat secara objektif secara sesuatu yang terjadi didalam kelas (situasi, kegiatan, peristiwa dan interaksi).

4.3. Indikator Kinerja Utama

Tabel. 5. Acuan keberhasilan PTK untuk setiap siklus ditunjukkan oleh pencapaian indikator seperti dimuat dalam tabel berikut ini :

Indikator	Sebelum Tindakan	Siklus I	Siklus II	Siklus III	Keterangan
Penguasaan (Z) konsep-konsep Pendahuluan Fisika Zat Padat (rerata nilai)	61,3*)	70	75	78	$Z \geq 70\%$ dari materi yang dikuasai
Kemampuan dalam Problem Solving					
a. Membangun peta konsep (% mhs yang benar)	0**)	70	75	78	Skala penilaiaim
b. Penerapan kegiatan berfikir dalam problem solving	0***)	70	75	78	Penilaian dari kegiatan berfikir pada LKM
c. Respon mahasiswa pada KBM (skala penilaian P2AP)					Dinilai dari angket dan pengamatan kelas

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi deskripsi pra tindakan, pelaksanaan tindakan dan pasca tindakan. Masing-masing hasil tindakan tersebut diuraikan sebagai berikut :

5.1.1 Deskripsi Pra Tindakan

Pada tahap pra tindakan ada tiga kegiatan pokok yang dilaksanakan yaitu pembiasaan, pemberian tes awal dan kegiatan studi kepustakaan melalui fotocopy bahan yang diberika dosen , majalah dan internet serta buku bacaan yang disarankan.

5.1.1.1. Pembiasaan

Penelitian tindakan ini dilaksanakan di dalam ruang kelas (*in door class*) di R. 9 GB III yang diikuti oleh 38 orang mahasiswa semester 7 tahun ajaran 2011/2012 yang terdiri dari 22 orang putri dan 16 orang putra. Mereka dikelompokkan menjadi 4 kelompok ahli sesuai dengan jumlah topik yang akan dibahas yang masing-masing anggotanya 9-10 orang. Anggota kelompok tim ahli berasal dari anggota kelompok tim Kooperatif yang berjumlah 4-5 orang. Anggota tim ahli bertanggung jawab kepada angota tim kooperatif dalam rangka memahami konsep sesuai dengan materi yang dipelajari masing-masing.

Sebelum melaksanakan tindakan siklus I dengan model Pengajaran Berbasis Masalah (*Problem Based Learning*) atau disingkat dengan PBL, dilakukan pembiasaan terlebih dulu antara dosen dan mahasiswa. Hal ini bertujuan agar mahasiswa tidak merasa aneh karena dosen mengajar dengan model pengajaran yang lain dari biasanya. Peneliti bertindak sebagai pelaksana tindakan (dosen), dan dosen yang satunya bertindak sebagai pengamat untuk melihat aktivitas dosen selama pengajaran berlangsung. Selain itu ada 2 orang pengamat lain yang bertugas untuk mengamati aktivitas mahasiswa selama pengajaran berlangsung. Tahap pra tindakan dilakukan selama tiga kali pertemuan.

5.1.1.2. Tes awal

Pertemuan kedua pada tahap pra tindakan adalah memberikan tes awal kepada mahasiswa yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan dasar/pengetahuan awal

yang menjadi syarat untuk memasuki kegiatan belajar. Soal pada tes awal ini berjumlah 7 buah dan berbentuk objektif.

Pelaksanaan tes awal diikuti oleh 36 mahasiswa dari 38 orang (2 Orang mahasiswa sedang mengikuti program pertukaran mahasiswa ke Thailand) dengan menjawab semua butir soal tes pada lembar jawaban yang disediakan. Lembar jawaban mahasiswa diperiksa dengan menggunakan kunci jawaban yang telah disediakan terlebih dahulu dan telah dikonsultasikan dengan dosen pendamping. Hasil tes awal diperoleh nilai terendah 42 yang tertinggi 75 nilai rata-rata 55,25 dan standar deviasi 9,65. Hal ini berarti pengetahuan awal mahasiswa tentang materi masih kurang. Berdasarkan hasil tes awal yang dilakukan, pada umumnya mahasiswa memiliki konsepsi awal yang bervariasi, tergantung dari pengalaman masing-masing mahasiswa.

Tabel 6. Nilai tes awal mahasiswa

Rata-rata	55,25
Standar deviasi	9,65
Nilai terendah	42
Nilai tertinggi	75

1.2. Pelaksanaan Tindakan

4.2.1. Siklus I

Siklus I dilaksanakan dengan materi pembelajaran Dasar-dasar Struktur Kristal dengan tindakan yang dilakukan adalah pembelajaran berbasis masalah(PBL) dengan langkah sebagai berikut :

a. Rencana Tindakan

Pada tahap rencana tindakan, pelaksana tindakan (a) Menyusun skenario pembelajaran berbasis PBL sesuai dengan silabus dan satuan acara perkuliahan yang sudah dibagikan dan dijelaskan pada mahasiswa pada tahap pembiasaan sekaligus memperkenalkan model tindakan PBL pada mahasiswa saat itu..(b) Menyusun Lembar Kegiatan Mahasiswa.(c) Menyusun lembar observasi untuk aktivitas dosen dan

Mahasiswa. (d) Menyusun tes siklus I yang disusun berdasarkan standar kompetensi dan indikatornya sesuai Silabus dan SAP.

b. Pelaksanaan Tindakan

Siklus I dilaksanakan dengan satu kali pertemuan (1 x 3 sks atau 150 menit). Sesuai dengan skenario pembelajaran kegiatan diawali dengan overview materi perkuliahan melalui diskusi dan penyampaian informasi menyangkut materi Dasar-dasar Struktur Kristal yang antara lain menjelaskan tentang konsep vektor Kisi dan Basis, Sel Primitif dan Konvensional serta sistem Kisi Kristal dan Sistem Kisi Bravais. Diskusi dan penjelasan ini ditunjang dengan bantuan media LCD, bahan Fotocopy yang sudah dibagikan dan buku-buku rujukan yang disarankan.

Tahapan berikutnya penugasan untuk menjawab pertanyaan terbuka yang diberikan oleh dosen. Mahasiswa mempelajari secara deep structure setiap materi kuliah mencoba menjawab pertanyaan terbuka tersebut melalui penelusuran bahan dari fotocopyan yang dibagikan, buku rujukan dan media lainnya. Mahasiswa belajar dalam kelompok-kelompok yang sudah ditetapkan. Pada saat berada dikelompok mahasiswa menerapkan keterampilan berfikir kritis dan kreatif, mengajukan ide dan merumuskan pertanyaan untuk diselidiki dan bekerja dalam kelompok dengan metode problem solving untuk memperoleh jawaban. Strategi yang dilakukan dengan kolaboratif dan kooperatif dengan sifat pembelajaran mandiri, terbimbing dan bebas (peer tutoring). Untuk validasi hasil akan dipresentasikan pada kelompok dan kesemua anggota kelas melalui pola diskusi. Pada tahapan ini dosen akan menilai performance mahasiswa, hasil kerja kelompoknya dan bagaimana peta konsep yang dihasilkannya.

Pada akhir siklus I dosen menggiring mahasiswa untuk menarik kesimpulan dari materi yang telah didiskusikan dan memberikan tambahan informasi mengenai materi dan dilanjutkan dengan tes siklus I. Sesuai dengan faktor-faktor yang diteliti antara lain (1) Kemampuan Berfikir Mahasiswa dari hasil Lembar Kegiatan Mahasiswa dan tes. (2) Hasil Tes siklus I. (3) Peta konsep yang dibangun oleh Mahasiswa. (4) Hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran akan disajikan sebagai berikut. Dari tabel terlihat hasil tes siklus I diperoleh nilai tertinggi 83,75 dan terendah 46,25 rata-rata 67,48 dengan standar deviasi 10,48. Hasil tes siklus I ini meningkat kalau dibandingkan dengan hasil tes

Hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran dengan indikator antara lain; kemampuan dosen sebagai fasilitator dalam menghimpun ide-ide dari kelompok diskusi, menstimulasi mahasiswa dalam merumuskan masalah, mengajukan pertanyaan untuk mengeksplorasi ide dari mahasiswa, menempatkan mahasiswa dalam kelompok sesuai dengan pengalaman belajar dan kemampuan mahasiswa, menetapkan aturan kerja dalam kelompok sesuai prinsip kolaboratif dan kooperatif dan kemampuan menciptakan iklim pembelajaran sesuai dengan strategi kolaboratif dan kooperatif dan kemampuan menggunakan alat evaluasi. Dari tujuh indikator ini ditemukan dua indikator yang masih perlu diperhatikan yaitu indikator aturan kerja dalam kelompok dan pemahaman mahasiswa terhadap strategi kolaboratif dan kooperatif masih lemah. Hal ini terlihat dari aktivitas dalam kelompok yang bekerja lebih banyak individu yang mau dan pintar saja dan peran kelompok ahli belum jalan yang bertanggung jawab terhadap pemahaman seluruh anggota kelompok tentang materi yang dipelajarinya.

Berdasarkan hasil observasi dan refleksi terhadap kegiatan pelaksanaan pembelajaran, dua indikator ini dapat menyebabkan hasil terhadap tes siklus I belum mencapai target sebagaimana yang telah ditetapkan. Hal ini dapat juga disebabkan mahasiswa belum terbiasa dengan pendekatan PBL yang diterapkan. Dengan alasan ini perlu dilakukan pembelajaran pada siklus II dengan memperhatikan dua indikator ini.

4.2.2. Siklus II

Siklus II dilaksanakan dengan materi pembelajaran Arah dan Bidang Kristal dengan tindakan yang dilakukan adalah pembelajaran berbasis masalah(PBL) dengan langkah sebagai berikut :

a.Rencana Tindakan

Pada tahap rencana tindakan, pelaksana tindakan (a) Menyusun skenario pembelajaran berbasis PBL sesuai dengan silabus dan satuan acara perkuliahan yang sudah dibagikan dan dijelaskan pada mahasiswa pada tahap pembiasaan sekaligus memperkenalkan model tindakan PBL pada mahasiswa saat itu..(b) Menyusun Lembar Kegiatan Mahasiswa tentang Arah dan Bidang Kristal c) Menyusun lembar observasi untuk aktivitas dosen dan Mahasiswa. (d) Menyusun tes siklus II yang disusun berdasarkan standar kompetensi dan indikatornya sesuai Silabus dan SAP.

b.Pelaksanaan Tindakan

Siklus I dilaksanakan dengan satu kali pertemuan(1 x 3 sks atau 150 menit). Sesuai dengan skenario pembelajaran yang lebih menekankan pada hasil observasi (monitoring) dan refleksi pada siklus I kegiatan diawali dengan overview materi perkuliahan melalui diskusi dan penyampaian informasi menyangkut materi Arah dan Bidang Kristal. Dengan pertanyaan Masalah Bagaimana Arah Kristal ? Bagaimana sistem Indeks untuk Bidang Kristal ?. Diskusi dan penjelasan ini ditunjang dengan bantuan media LCD, bahan Fotocopy yang sudah dibagikan dan buku-buku rujukan yang disarankan.

Tahapan berikutnya penugasan untuk menjawab pertanyaan terbuka seperti pertanyaan diatas. Mahasiswa mempelajari secara deep strcture setiap materi kuliah mencoba menjawab pertanyaan terbuka tersebut melalui penelusuran bahan dari fotocopy yang dibagikan,buku rujukan dan media lainnya. Mahasiswa belajar dalam kelompok kelompok yang sudah ditetapkan.

Pada saat berada dikelompok mahasiswa menerapkan keterampilan berfikir kritis dan kreaktif, mengajukan ide dan merumuskan pertanyaan untuk diselidiki dan bekerja dalam kelompok dengan metode problem solving untuk memperoleh jawaban. Strategi yang dilakukan dengan kolaboratif dan kooperatif dengan sifat pembelajaran mandiri, terbimbing dan bebas(peer tutring). Untuk validasi hasil akan dipresentasikan pada kelompok dan kesemua anggota kelas melalui pola diskusi. Pada tahapan ini dosen akan menilai performance mahasiswa, hasil kerja kelompoknya dan bagaimana peta konsep yang dihasilkannya.

Pada akhir siklus II dosen menggiring mahasiswa untuk menarik kesimpulan dari materi yang telah didiskusikan dan memberikan tambahan informasi mengenai materi dan dilanjutkan dengan tes siklus II. Sesuai dengan faktor-faktor yang diteliti antara lain (1) Kemampuan Berfikir Mahasiswa dari hasil Lembar Kegiatan Mahasiswa dan tes.(2) Hasil Tes siklus I. (3) Peta konsep yang dibangun oleh Mahasiswa. (4) Hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran akan disajikan sebagai berikut. Dari tabel terlihat hasil tes siklus II diperoleh nilai tertinggi 95 dan terendah 56,25 rata-rata 75,15 dengan standar deviasi 11,02. Hasil tes siklus II ini meningkat kalau dibandingkan dengan hasil tes siklus I sebesar lebih kurang 7 poin. Secara indikator kerja hasil tes siklus II ini sudah memenuhi yakni ditetapkan 75.

Tabel 9. Hasil Tes pada Siklus II

Rata-rata	75,15
Standar deviasi	11,02
Nilai terendah	56,25
Nilai tertinggi	95

Hasil kemampuan berfikir mahasiswa yang dinilai melalui LKM dan tes dengan indikator antara lain : *kemampuan menginterpretasi variabel dan hubungan antar variabel, menterjemahkan informasi verbal kepersamaan matematika, mengidentifikasi konsep yang digunakan, kemampuan menampilkan permasalahan dalam situasi rill, kemampuan menunjukan jawabana yang diperoleh dengan pola berfikir logis dan sesuai dengan soal, kemampuan menterjemahkan informasi yang dinyatakan dalam soal dan kemampuan menggunakan/mengembang konsep dan pengetahuan yang lebih umum.* Nilai yang diperoleh untuk kemampuan berfikir pada siklus II tertinggi 100 dan terendah 50 dengan rata-rata 75,25 standar deviasi 14,32. Hasil ini sudah memenuhi indikator kerja yang telah ditetapkan yaitu sebesar 75.

Tabel 10. Hasil Belajar pada Siklus II

	Kemampuan berfikir	Peta Konsep
Rata-rata	75,25	75
Standar deviasi	14,32	3,2
Nilai terendah	50	70
Nilai tertinggi	100	80

Demikian juga untuk hasil kerja mahasiswa dalam membangun peta konsep dengan indikator; *kesahihan proposi dua konsep, adanya hirarki, adanya hubungan silang dan adanya contoh-contoh.* Diperoleh nilai tertinggi 80 dan terendah 75 dengan rata-rata 78,84 dan standar deviasi 2,11. Hasil ini juga telah melampaui indikator kinerja yang ditetapkan sebesar 75. Selanjutnya perlu dilihat hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran yang diambil melalui jurnal dosen dan lembar observasi oleh pengamat .

Hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran dengan indikator antara lain;

b. Pelaksanaan Tindakan

Siklus III dilaksanakan dengan satu kali pertemuan(1 x 3 sks atau 150 menit). Sesuai dengan skenario pembelajaran yang lebih menekankan pada hasil observasi (monitoring) dan refleksi pada siklus II kegiatan diawali dengan overview materi perkuliahan melalui diskusi dan penyampaian informasi menyangkut materi Kristal Kubik dan contoh-contoh struktur Kristal. Diskusi dan penjelasan ini ditunjang dengan bantuan media OHP, bahan Fotocopy yang sudah dibagikan dan buku-buku rujukan yang disarankan.

Tahapan berikutnya penugasan untuk menjawab pertanyaan terbuka mengenai (1) Gambarkan contoh-contoh kristal sederhana (2) Apa ciri-ciri kubus sederhana ? (3) Apa perbedaan antara kristal kubik dan kristal heksagonal ?. Mahasiswa mempelajari secara deep structure setiap materi kuliah mencoba menjawab pertanyaan terbuka tersebut melalui penelusuran bahan dari fotocopy yang dibagikan, buku rujukan dan media lainnya. Mahasiswa belajar dalam kelompok kelompok yang sudah ditetapkan.

Pada saat berada dikelompok mahasiswa menerapkan keterampilan berfikir kritis dan kreatif, mengajukan ide dan merumuskan pertanyaan untuk diselidiki dan bekerja dalam kelompok dengan metode problem solving untuk memperoleh jawaban. Strategi yang dilakukan dengan kolaboratif dan kooperatif dengan sifat pembelajaran mandiri, terbimbing dan bebas(peer tutoring). Untuk validasi hasil akan dipresentasikan pada kelompok dan kesemua anggota kelas melalui pola diskusi. Pada tahapan ini dosen akan menilai performance mahasiswa, hasil kerja kelompoknya dan bagaimana peta konsep yang dihasilkannya.

Pada akhir siklus III dosen menggiring mahasiswa untuk menarik kesimpulan dari materi yang telah didiskusikan dan memberikan tambahan informasi mengenai materi dan dilanjutkan dengan tes siklus III. Sesuai dengan faktor-faktor yang diuji dan indikator kinerja antara lain (1) Kemampuan Berfikir Mahasiswa dari hasil Lembar Kegiatan Mahasiswa dan tes. (2) Hasil Tes siklus I. (3) Peta konsep yang dibangun oleh Mahasiswa. (4) Hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran akan disajikan sebagai berikut. Dari tabel diatas terlihat hasil tes siklus III diperoleh nilai tertinggi 96,25 dan terendah 57,50 rata-rata 81,06 dengan standar deviasi 8,43. Hasil tes

siklus II ini meningkat kalau dibandingkan dengan hasil tes siklus II sebesar lebih kurang 3 poin. Secara indikator kerja hasil tes siklus II ini sudah memenuhi yakni ditetapkan 78.

Tabel 11. Hasil Belajar pada Siklus III

Rata-rata	81,06
Standar deviasi	8,43
Nilai terendah	57,50
Nilai tertinggi	96,25

Hasil kemampuan berfikir mahasiswa yang dinilai melalui LKM dan tes dengan indikator antara lain : *kemampuan menginterpretasi variabel dan hubungan antar variabel, menterjemahkan informasi verbal kepersamaan matematika, mengidentifikasi konsep yang digunakan, kemampuan menampilkan permasalahan dalam situasi riil, kemampuan menunjukan jawaban yang diperoleh dengan pola berfikir logis dan sesuai dengan soal, kemampuan menterjemahkan informasi yang dinyatakan dalam soal dan kemampuan menggunakan/mengembang konsep dan pengetahuan yang lebih umum.* Nilai yang diperoleh untuk kemampuan berfikir pada siklus III tertinggi 100 dan terendah 50 dengan rata-rata 81,75 standar deviasi 11,29. Hasil ini melampaui indikator kerja yang telah ditetapkan yaitu sebesar 78,

Tabel 12. Hasil Belajar pada Siklus III

	Kemampuan berfikir	Peta Konsep
Rata-rata	81,75	79
Standar deviasi	11.29	3,79
Nilai terendah	50	75
Nilai tertinggi	100	85

Demikian juga untuk hasil kerja mahasiswa dalam membangun peta konsep dengan indikator; *kesahihan proposi dua konsep, adanya hirarki, adanya hubungan silang dan adanya contoh-contoh.* Diperoleh nilai tertinggi 85 dan terendah 75 dengan rata-rata 79 dan standar deviasi 3,79. Hasil ini juga telah melampaui indikator kinerja

yang ditetapkan sebesar 78. Hasil observasi terhadap pelaksanaan pembelajaran yang diambil melalui jurnal dosen dan lembar observasi oleh pengamat sangat baik.

Selanjutnya hasil analisis angket respon Mahasiswa terhadap pembelajaran dengan metode Problem Solving Berbasis PBL yang dilakukan pada akhir tes siklus III dengan delapan item pertanyaan diperoleh data sebagai berikut.

1. 87 % mahasiswa setuju dengan penerapan model ini pada proses pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan aktivitas serta pembelajaran lebih terarah dengan adanya LKM
2. 90 % mahasiswa setuju dengan memahami konsep melalui aktivitas overview materi perkuliahan dengan aplikasinya dibidang IPTEK dan kegiatan penyelidikan melalui strategi kolaboratif dan kooperatif, proses berfikir mereka lebih berkembang.
3. 93 % mahasiswa setuju bahwa pemahamannya terhadap konsep lebih baik dengan diterapkannya model ini, karna rumusan permasalahan yang diajukan menjadikan pembelajaran lebih terfokus pada tujuan yang hendak dicapai dan dengan bantuan peta konsep disetiap akhir pembelajaran pemahaman jadi semakin baik.

Berdasarkan hasil observasi dan refleksi terhadap kegiatan pelaksanaan pembelajaran dan hasil tes siklus III, penggunaan metode problem solving berbasis PBL dapat meningkatkan mutu hasil dan mutu proses pembelajaran pada perkuliahan Pendahuluan Fisika Zat Padat Sub Konsep Geometri Struktur Kristal pada mahasiswa Program Studi Fisika FKIP semester 7 tahun ajaran 2011/2012. Demikian juga respon mahasiswa terhadap model pembelajaran ini *sangat positif*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, H, Ronald.1993. *Pemilihan Dan Pengembangan Media Untuk Pembelajaran*. Pusat antar universitas Terbuka. Penerbit C.V Rajawali.
- Arikunto, Suharsimi. 1996. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta. Penerbit Reneka Cipta.
- Arsyad, Azhar. 2000. *Media Pengajaran*. Jakarta. Penerbit Raja Grafin Persada.
- Azhar, Lalu Mohammad. 1993. *Proses Belajar Mengajar*. Surabaya. Penerbit Usaha Affset.
- Connie, 2005, *Upaya Meningkatkan Mutu Proses dan Mutu Hasil Pembelajaran Fisika Dengan Menggunakan Pendekatan CTL Melalui Model PBI Pada Mata Kuliah Pendahuluan Fisika Inti Di Program Studi Fisika FKIP UNIB*,Jurnal Exacta JPMIPA FKIP UNIB.
- Connie, 2006, *Optimalisasi Pembelajaran Fisika Dengan Menggunakan Model PBI Pada Mata Kuliah Gelombang dan Optik Di Program Studi Fisika FKIP UNIB*,Laporan Penelitian PPKP FKIP UNIB.
- Connie, 2007, *Upaya Meningkatkan Mutu Proses dan Mutu Hasil Pembelajaran Fisika Melalui Pengembangan Bahan Ajar Berbasis WEB Pada Mata Kuliah Fisika Dasar I Di Program Studi Fisika FKIP UNIB*, Laporan Penelitian Dosen Muda , Balai Penelitian UNIB.
- Fajar, Arni. 2002. *Portofolio Dalam Pengajaran IPS*. Bandung Penerbit PT Remaja Rosda Karya.
- Hartono,Jogianto. 1999. *Pengenalan Komputer*. Yokyakarta. Penerbit ANDI.
- Mahyuzir, Tavri, D.1991. *Pengantar Analisis Perancangan Perangkat Lunak*. Jakarta. Penerbit PT Elex Media Koputindo.
- Nasution. (1994). *Teknologi pendidikan*. Jakarta. Penerbit Bumi Aksara.
- Pramono, Andi. 2002. *Berkreasi Animasi dengan macromedia Flash MX*. Yokyakaarta. Penerbit Andi.
- Presman, Rojer. 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Yogyakarta. Penerbit ANDI
- Slameto.1988. *Belajar dan Faktor Faktor yang Mempengaruhinya*. Jakarta. Penerbit Rineka Cipta.
- Sujarwo, S. *Teknologi Pendidikan*. 1984. Jakarta. Penerbit Erlangga.

Lampiran 1

DAFTAR HASIL BELAJAR SISWA SIKLUS I

NO	KEMAMPUAN BERFIKIR	PETA KONSEP	TES SIKLUS
1	80	65	76,25
2	70	65	68,75
3	50	65	53,75
4	80	65	76,25
5	60	65	61,25
6	60	65	61,25
7	80	65	76,25
8	40	65	46,25
9	50	75	56,25
10	80	75	78,75
11	60	75	63,75
12	80	75	78,75
13	80	75	78,75
14	60	75	63,75
15	60	75	63,75
16	50	75	56,25
17	40	65	46,25
18	80	65	76,25
19	90	65	83,75
20	90	65	83,75
21	70	65	68,75
22	50	65	53,75
23	80	65	76,25
24	70	65	68,75
25	70	70	70
26	80	70	77,5
27	60	70	62,5
28	70	70	70
29	50	70	55
30	80	70	77,5
31	70	70	70
32	80	70	77,5
33	80	65	76,25
34	50	65	53,75
35	70	65	68,75
36	80	65	76,25
Rata-rata kelas 2690 : 36			67,25

Lampiran 2.

DAFTAR HASIL BELAJAR SIKLUS II

NO	KEMAMPUAN BERFIKIR	PETA KONSEP	TES SIKLUS
1	90	75	86,25
2	70	75	71,25
3	70	75	71,25
4	80	75	78,75
5	70	75	71,25
6	80	75	78,75
7	90	75	86,25
8	50	75	56,25
9	80	70	77,5
10	70	70	70
11	80	70	77,5
12	50	70	55
13	90	70	85
14	50	70	55
15	70	70	70
16	50	70	55
17	50	75	56,25
18	80	75	78,75
19	90	75	86,25
20	90	75	86,25
21	80	75	78,75
22	60	75	63,75
23	80	75	78,75
24	90	75	86,25
25	80	80	80
26	80	80	80
27	90	80	87,5
28	80	80	80
29	80	80	80
30	80	80	80
31	80	80	80
32	100	80	90
33	70	75	71,25
34	50	75	56,25
35	80	75	78,75
36	100	75	93,75
RATA-RATA = 3006,5 : 36			75,19

Lampiran 3.

DAFTAR HASIL BELAJAR SIKLUS III

NO	KEMAMPUAN BERFIKIR	PETA KONSEP	TES SIKLUS
1	100	80	95
2	80	80	80
3	90	80	87,5
4	80	80	80
5	80	80	80
6	70	80	72,5
7	90	80	87,5
8	80	80	80
9	80	80	80
10	80	80	80
11	90	80	87,5
12	70	80	72,5
13	80	80	80
14	50	80	57,5
15	80	80	80
16	50	80	57,5
17	70	85	73,75
18	100	85	96,25
19	80	85	81,25
20	90	85	88,75
21	90	85	88,75
22	80	85	81,25
23	70	85	73,75
24	80	85	81,25
25	80	75	78,75
26	80	75	78,75
27	90	75	86,25
28	90	75	86,25
29	90	75	86,25
30	80	75	78,75
31	80	75	78,75
32	100	75	93,75
33	90	75	86,25
34	70	75	71,25
35	80	75	78,75
36	100	75	93,75
JUMLAH			3242,5
RATA-RATA = 3242,5 : 40			81,06

Respon Mahasiswa Terhadap Pembelajaran

Nama Kuliah :
Materi Bahasan :

Metode pengisian angket

Pilih salah satu jawaban dengan memberi tanda silang (X) dan berilah alasannya.

1. Saya lebih siap belajar fisika dengan menggunakan model PBI berbasis CTL ini, sehingga saya termotifasi untuk belajar fisika.
 - a. Setuju, karena
 1. Dapat membuat aktivitas terkontrol selama proses pembelajaran
 2. Dapat memudahkan kita untuk memahami konsep fisika
 3.
 - b. Tidak setuju, karena
 1. Model ini menyebabkan kita tidak bisa santai
 2. Model ini banyak menyita waktu mahasiswa
 3.
2. Saya tertarik belajar fisika, bila konsep yang diajarkan dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari
 - a. Setuju, karena
 1. Dapat memotivasi untuk mengetahui lebih jauh tentang konsep yang dibahas
 2. Konsep fisika lebih mudah untuk difahami jika ada dalam kehidupan sehari-hari
 3.
 - b. Tidak setuju, karena
 1. Membuat kita harus bekerja keras untuk memahami konsep yang akan
 2. Diskusikan
 3. Konsep fisika yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari dapat dipelajari sendiri
 4.
3. Mengemukakan pendapat pada saat diskusi dapat meningkatkan rasa percaya diri
 - a. Setuju, karena
 1. Dapat melatih kita untuk berani bicara di depan umum
 2. Dapat memperlambat pengetahuan yang didapat jika dibandingkan hanya menerima (mendengar) saja dari guru
 3.
 - b. Tidak setuju, karena
 1. Saya takut untuk mengemukakan pendapat saya
 2. Saya takut ditertawakan kawan jika pendapat saya salah
 3.
4. Saya merasa bangga jika dapat membuat hasil karya seperti laporan atau peta konsep
 - a. Setuju, karena
 1. Dapat meningkatkan kreativitas saya sebagai pelajar

2. Menuangkan pendapat kita secara tertulis
3.
- b. Tidak setuju, karena
 1. Membuat hasil karya itu membutuhkan waktu lama
 2. Saya malas untuk membuat hasil karya, karena dibuku juga sudah ada
 3.
5. Mendapat kesempatan untuk melihat fenomena fisika melalui tampilan OHP merupakan pengalaman yang berkesan
 - a. Setuju, karena
 1. Saya lebih bisa memahami fenomena fisika yang ada di alam
 2. Fenomena fisika yang terjadi merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT
 3.
 - b. Tidak setuju, karena
 1. Setiap saat saya dapat melihat gejala fisika dilingkungan
 2. Melihat di TV saya juga tahu tentang gejala fisika yang ada
 3.
6. LKM yang digunakan sebagai panduan mempermudah proses melakukan aktivitas pembelajaran
 - a. Setuju, karena
 1. Dengan LKM dapat mempermudah melakukan penyelidikan
 2. Dengan LKM dapat menuntun kita untuk memahami suatu konsep fisika
 3.
 - b. Tidak setuju, karena
 1. Tanpa LKM saya bisa belajar sendiri
 2. Tanpa LKM saya dapat memahami konsep dengan menggunakan buku lain
 3.
7. Saya suka belajar secara berkelompok
 - a. Setuju, karena
 1. Dapat menimbulkan jiwa sosial diantara sesama kawan dengan cara bekerja sama
 2. Dapat membantu kawan yang memerlukan bantuan dalam belajar fisika
 3.
 - b. Tidak setuju, karena
 1. Belajar kelompok hanya bicara sama kawan saja
 2. Saya terbiasa belajar sendiri di rumah
 3.
8. Saya termotivasi belajar jika ilmu yang dipelajari berhubungan dengan ilmu-ilmu lain
 - a. Setuju, karena
 1. Pengetahuan kita semakin kompleks (lengkap)
 2. Melatih kita berpikir kritis
 3.
 - b. Tidak setuju, karena
 1. Setiap sudah ada bidangnya masing-masing
 2. Susah untuk mengaitkan ilmu yang satu dengan yang lain

Lampiran 6

Tim Pengusul

Tim Pengusul Instrctional Material ini terdiri dari

1. Ketua

Nama : Dr. Eko Swistoro, MPd
Pangkat/Gol. : Pembina/ IV A
NIP : 195611231983121001
Jur/Prog. Studi : PMIPA/ Pendidikan Fisika
Tugas : 15 jam/minggu dengan rincian tugas : membuat skenario, instrumen test dan observasi, menyiapkan bahan ajar berbasis PBL, analisis data, dan membuat laporan

2. Anggota Peneliti

Nama : Dra. Connie, M. Pd
Pangkat/Gol. : Pembina/ IV A
NIP : 131477122
Jur/Prog. Studi : PMIPA/ Pendidikan Fisika
Tugas : 15 jam/minggu dengan rincian tugas : membuat skenario, instrumen test dan observasi, menyiapkan bahan ajar berbasis PBL, analisis data, dan membuat laporan

3. Tenaga Lapangan 1

Nama : Eko Risdianto, M. CS
Status : Dosen Muda
Jur/Prog. Studi : PMIPA/ Pendidikan Fisika
Tugas : 3 jam/minggu dengan rincian tugas : observer pada saat PBM dan membantu dalam analisis data

4. Tenaga Lapangan 2

Nama : Eka
Status : Tenaga Administrasi
NPM : -
Jur/Prog. Studi : PMIPA/ Pendidikan Fisika
Tugas : 3 jam/minggu dengan rincian tugas : observer dan membantu dalam analisis data

PENDAHULUAN FISIKA ZAT PADAT

(FIS 401 / 3 sks)

• **Dr. Eko Swistoro, M.Pd**

• **Dra. Connie, M.Pd**

• **I. MATERI : Struktur Kristal**

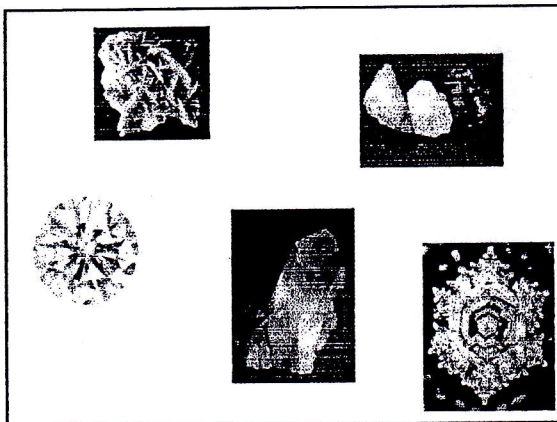
- 1.1 kisi kristal dan basis
- 1.2 definisi struktur kristal.
- 1.3 sel konvensional dan sel primitif kristal.
- 1.4. kisi dua dimensi
- 1.5 kisi tiga dimensi
- 1.6. sistem indeks untuk bidang-bidang kristal.
- 1.7. struktur kristal sederhana

• **INDIKATOR**

- Mahasiswa harus dapat :
 - ☐ mendefinisikan kisi kristal dan basis.
 - ☐ mendefinisikan struktur kristal.
 - ☐ membedakan sel konvensional dan sel primitif kristal.
 - ☐ menggambarkan 4 bentuk kisi 2 dimensi.
 - ☐ menjelaskan 7 sistem kisi 3 dimensi
 - ☐ menggambarkan 14 bentuk kisi 3 dimensi.
 - ☐ menentukan indeks sebuah bidang kristal
 - ☐ menggambarkan sel primitif Wigner-Seitz.

• **PENDAHULUAN**

- Sebagian besar materi zat Padat adalah kristal
- Dan elektron didalamnya.
- Zat Padat mulai dikembangkan awal abad ke-
- 20, mengikuti penemuan difraksi sinar-x oleh
- kristal.

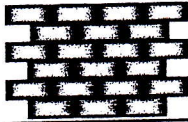


- Sebuah Kristal Ideal : disusun oleh
 - satuan-satuan struktur yang
 - identik secara berulang-ulang
 - yang tak hingga didalam ruang.
- Semua struktur kristal dapat digambarkan
 - / dijelaskan dalam istilah –istilah :
 - Lattice (kisi) dan sebuah Basis yang
 - ditempelkan pada setiap titik lattice (titik kisi)

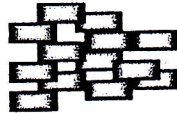
Ilustrasi

Kristal

kristal diibaratkan sebagai dinding bata yang terdiri dari susunan batu – bata yang teratur dan berkala serta bahan- bahan tadi memiliki keteraturan jangka panjang



amorf diibaratkan sebagai tumpukan batu bata. Sekumpulan batu bata memiliki sifat yang jelek, relatif kokoh (meskipun tak sekokoh dinding bata).



• Dasar-Dasar Struktur Kristal

• 1. KISI DAN BASIS KRISTAL

- ☐ Kisi adalah sebuah susunan titi-titik yang teratur
- dan periodik di dalam ruang. Sebuah kristal ideal
- disusun oleh satuan-satuan kristal yang identik
- secara berulang-ulang yang tak hingga dalam ruang.
- ☐ Basis didefinisikan sebagai sekumpulan atom,
- dengan jumlah atom dalam sebuah basis dapat
- berisi satu atom atau lebih.

Lattice (kisi) :

- Sebuah susunan titik –titik yang teratur dan periodik di dalam ruang
- Sebuah abstraksi matematik

Basis : Sekumpulan atom-atom

Jumlah atom dalam sebuah basis = 1 buah atom atau lebih.

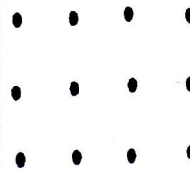
Sehingga gabungan antara :

Struktur
kristal



Kisi + Basis

Struktur Kristal

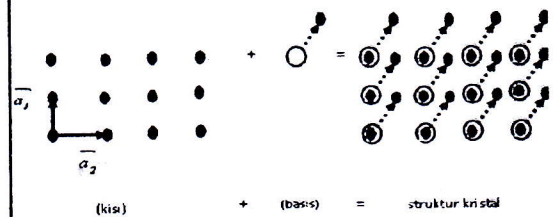


Kisi

Basis

- Struktur Kristal
- ☐ Bahan yang tersusun oleh deretan atom-atom yang
- teratur letaknya dan berulang (periodik) yang tidak
- berhingga dalam ruang disebut bahan kristal.
- Kumpulan yang berupa atom atau molekul dan sel ini
- terpisah sejauh 1 Å atau 2 Å
- ☐ Sebaliknya, zat padat yang tidak memiliki keteraturan
- demikian disebut bahan amorf atau bukan-kristal

Struktur kristal akan terjadi bila ditempatkan suatu basis pada setiap titik kisi sehingga struktur kristal merupakan gabungan antara kisi dan basis. Apabila dinyatakan dalam hubungan dua dimensi adalah sebagai berikut.



Gambar Bagan struktur kristal

Didalam kristal terdapat kisi-kisi yang ekuivalen yang sesuai dengan lingkungannya dan diklasifikasikan menurut simetri translasi.

Operasi translasi kisi didefinisikan sebagai perpindahan dari sebuah kristal oleh sebuah vektor translasi kristal, maka persamaannya

$$\vec{T} = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

- * Dimana u_1, u_2, u_3 = bilangan bulat.
- * a_1, a_2, a_3 = vektor translasi primitive
- * = sumbu-sumbu kristal

✓ Operasi Translasi Kisi :

Perpindahan dari sebuah kristal oleh sebuah vektor translasi kristal

$$\vec{T} = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

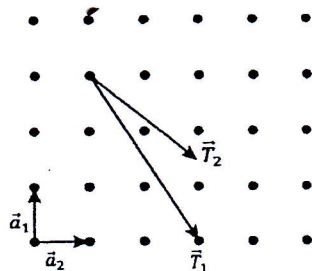
Keterangan :

\vec{T} = vektor translasi kristal

u = Bilangan bulat

\vec{a} = vektor translasi primitif/sumbu-sumbu kristal

Contoh Operasi Translasi Kisi



• Untuk \vec{T}_1

$$\vec{T}_1 = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

Jadi:

$$\vec{T}_1 = -3\vec{a}_1 + 2\vec{a}_2 + 0\vec{a}_3$$

$$u_1 = -3 \text{ dan } u_2 = 2$$

$$\vec{T}_1 = -3\vec{a}_1 + 2\vec{a}_2$$

• Untuk \vec{T}_2

$$\vec{T}_2 = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

Jadi:

$$\vec{T}_2 = -1,5 \vec{a}_1 + 1,5 \vec{a}_2 + 0\vec{a}_3$$

$$u_1 = -1,5 \text{ dan } u_2 = 1,5$$

$$\vec{T}_2 = -1,5 \vec{a}_1 + 1,5 \vec{a}_2$$

\vec{T}_1 : vektor translasi (bilangan bulat)

\vec{T}_2 : bukan vektor translasi (bukan bilangan bulat)

Posisi dari sebuah atom j dari sebuah basis relatif terhadap titik lattice dimana basis diletakkan adalah :

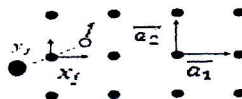
$$R_j = X_j a_1 + Y_j a_2 + Z_j a_3$$

Dimana : $0 \leq X_j, Y_j, Z_j \leq 1$

Contoh :

Posisi dari sebuah pusat atom j dari sebuah basis relatif terhadap titik lattice dimana basis diletakkan adalah :

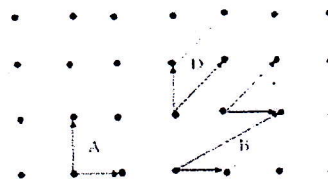
$$\vec{r}_j = x_j \vec{a}_1 + y_j \vec{a}_2 + z_j \vec{a}_3$$



Dimana : $0 \leq x_j, y_j, z_j \leq 1$

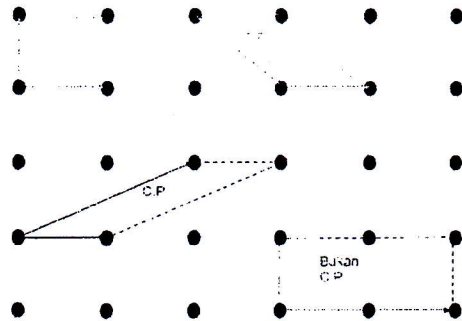
☐ Sel primitif adalah sel yang mempunyai luas atau volume terkecil, Sel primitif dibangun oleh vektor basis \vec{a}_1, \vec{a}_2 dan \vec{a}_3 disebut sel satuan (unit sel).

☐ Sebuah paralelepiped yang dibentuk oleh sumbu sumbu a_1, a_2 dan a_3 .



Gambar beberapa sel primitif

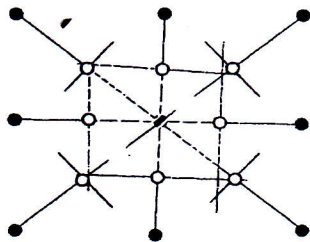
Cara menentukan sel primitif



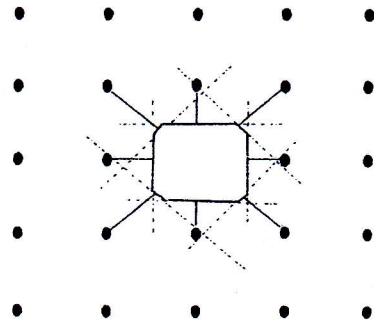
CARA LAIN UNTUK MEMILIH CEL PRIMITIF: METODA WIGNER - SEITZ :

- Ambil salah satu titik kisi sebagai acuan (biasanya di tengah)
- Titik kisi yang anda ambil sebagai acuan dihubungkan dengan titik kisi terdekat disekitarnya.
- Di tengah-tengah garis penghubung, buatlah garis yang tegak lurus terhadap garis penghubung.
- Luas terkecil (2 dimensi) atau volume terkecil (3 dimensi) yang dilingkupi oleh garis-garis atau bidang-bidang ini yang disebut sel primitive Wigner-Seitz.

Contoh penggambaran Sel Primitif dengan Metode Wigner-Seitz



Cara menggambar sel primitif Wigner-Seitz



Tipe - Tipe Kisi Dasar

a. Kisi 2D

1. Kisi miring
2. Kisi bujursangkar



$$|a_1| = |a_2| \text{ dan } \varphi = 90^\circ$$

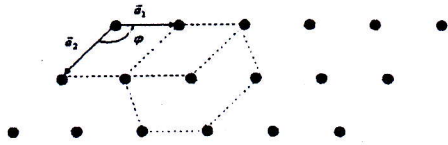
Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Konvensional : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

$$\text{Sel Primitif : } \frac{1}{4} \times 4 = 1$$



3. Kisi heksagonal



$$|a_1| = |a_2| \text{ dan } \varphi = 120^\circ$$

Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Konvensional : } \left(6 \times \frac{1}{3} \right) + 1 = 3$$

$$\text{Sel Primitif : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

4. Kisi segipanjang



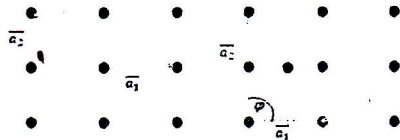
$$|a_1| \neq |a_2| \text{ dan } \varphi = 90^\circ$$

Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Primitif : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

$$\text{Sel Konvensional : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

5. Kisi segipanjang berpusat



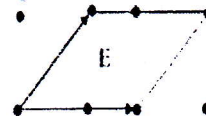
$$|a_1| \neq |a_2| \text{ dan } \varphi = 90^\circ$$

Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Konvensional : } \left(4 \times \frac{1}{4} \right) + 1 = 2$$

$$\text{Sel Primitif : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

sel konvensional (sel tak primitif) adalah sel yang mempunyai luas atau volume bukan terkecil artinya mempunyai luas atau volume yang besarnya merupakan kelipatan sel primitif.



Gambar sel konvensional

Sistem Kisi Kristal dan Kisi Bravais

1. Kisi miring

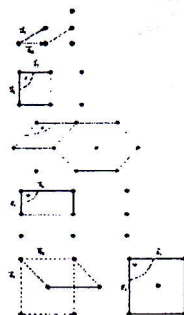
a. Kisi miring,

b. Kisi bujur sangkar

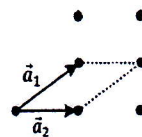
c. Kisi heksagonal

d. Kisi segi panjang

e. Kisi segi panjang berpusat



1. Kisi Miring

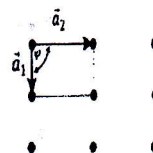


$$|a_1| \neq |a_2|$$

$$\varphi = 90^\circ$$

Sel satuannya berbentuk jajaran genjang

2. Kisi Segi Panjang

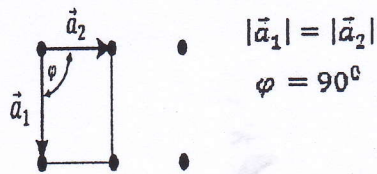


$$|a_1| \neq |a_2|$$

$$\varphi = 90^\circ$$

Sel satuannya berbentuk segi empat panjang

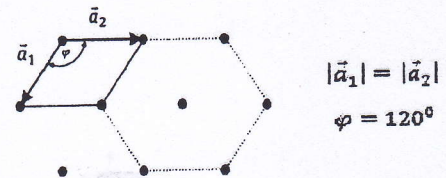
3. Kisi Bujur Sangkar



Sel satuannya berbentuk bujur sangkar pada :

- Sel primitif : $(4 \times 1/4) : 1$ buah
- Sel Konvensional : $(4 \times 1/4) : 1$ buah

4. Kisi Heksagonal



Sel satuannya berbentuk belah ketupat. Dengan jumlah titik kisi :

- Sel primitif : $(4 \times 1/4) = 1$ buah
- Sel Konvensional : $(6 \times 1/3) + 1 = 3$ buah

2. TIPE KISI 3 DIMENSI

Untuk tipe kisi 3 dimensi terdapat 7 sistem kisi kristal, yaitu sebagai berikut:

1. Triklinik
2. Monoklin
3. Orthorombik
4. Tetragonal
5. Kubus
6. Trigonal
7. Heksagonal

Tipe Lattice (kisi) 3D

Terdapat 7 sistem kisi kristal yakni:

No.	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi Bravais	Jml kisi
1.	Triklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	Paralelepipedum miring	Triklinik	1

2	Monoklin	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$	 Paralelepipedum miring Monoklin-P Monoklin-B	2
---	----------	--	--	---

3	Orthorombik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 Balok siku-siku Orthorombik-P Orthorombik-I Orthorombik-C Orthorombik-F	4
---	-------------	---	---	---

No	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
4	Tetragonal	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 Balok siku-siku Tetragonal-P Tetragonal-I		2

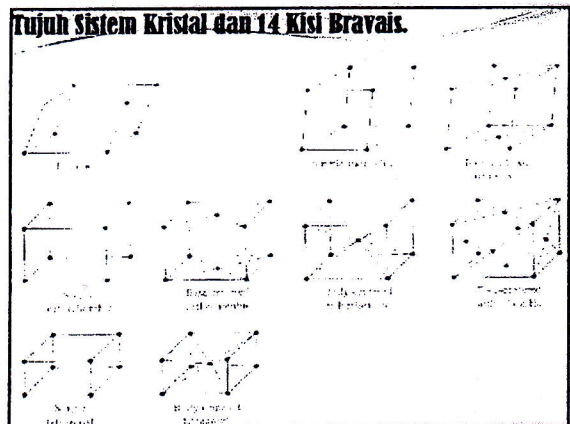
No	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
5.	kubus	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 kubus	 Kubik-P Kubik-F Kubik-I	3

No	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
6	Trigonal	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 Paraleloepidum muka-mukanya berupa belah ketupat	 Trigonal-R	1

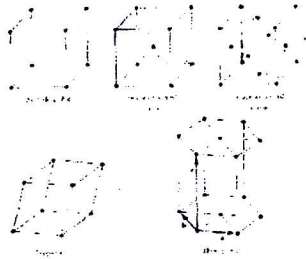
No	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
7	Heksagon	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 Paraleloepidum tegak, bidang atas dan alas berupa belah ketupat 120° Heksagonal-P		1

Bravais Lattice	Parameters	Simple (P)	Volume centered (I)	Body centered (I)	Face centered (F)
Triclinic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$				
Monoclinic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$				
Orthorhombic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$				
Tetragonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$				
Trigonal	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 120^\circ$				
Cubic	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$				
Hexagonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = 120^\circ$ $\alpha_3 = 90^\circ$				

Table 1.1: Bravais lattices in three dimensions.



Lanjutan...

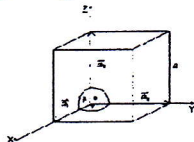


Struktur Kristal Kubik

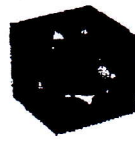
Tiga jenis struktur kristal yang relatif sederhana dapat dijumpai pada kebanyakan logam, yaitu :

1. kubus sederhana (simple cubic = SC).
2. kubus pusat bidang sisi (face-centered cubic = FCC),
3. kubus pusat ruang badan (body-centered cubic = BCC),

1. Simple Cubic



Kedudukan atom dalam sudut unit sel



Model simple cubic dalam 3 dimensi

Sel Primitif = Sel konvensional.

Jumlah titik lattice = $8 \times 1/8 = 1$ buah

$$\begin{aligned} a_1 &= ax \\ a_2 &= ay \\ a_3 &= az \end{aligned}$$

Kisi Bravais kubik memiliki tiga bentuk kisi :

Simple Cubic (sc)



Volume sel satuan : a^3

Titik kisi persel : $8 \times 1/8 = 1$

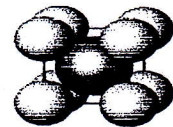
Jarak tetangga terdekat : a

Jml tetangga terdekat : 6

Contoh: CsCl, CuZn, CsBr, LiAg

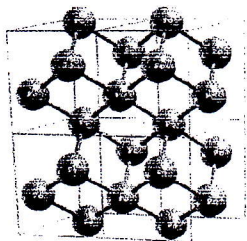
Vektor primitif :

$$\begin{aligned} a_1 &= ax \\ a_2 &= ay \\ a_3 &= az \end{aligned}$$

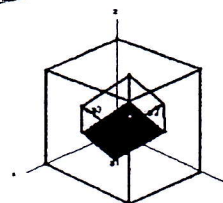


Contoh SC

Polonium



2. Face Centered Cubic



Sel Primitif \neq Sel Konvensional

Jumlah titik lattice pada

• Sel primitif : $8 \times 1/8 = 1$ buah

• Sel konvensional : $(8 \times 1/8) + (6 \times 1/2) = 4$ buah

Vektor translasi primitif FCC

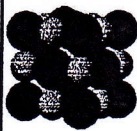


Sudut antara sumbu-sumbu FCC



Contoh FCC

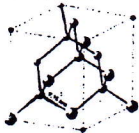
Struktur Kristal Natrium Chlorida (NaCl = garam dapur)



Ada empat buah sel satuan NaCl yang setiap sel satuannya berbentuk kubus sederhana dengan posisi atom-atomnya sebagai berikut.

4 ion Na pada posisi $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$; $00 \frac{1}{2}$; $0 \frac{1}{2} 0$ dan $\frac{1}{2} 00$
 4 ion Cl pada posisi: 000 ; $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$; $\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}$ dan $0 \frac{1}{2} \frac{1}{2}$

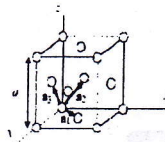
Struktur Intan



Struktur Seng Sulfida (ZnS)



Face Centered Cubic (fcc)



Volume sel satuan : $a^3 / 4$

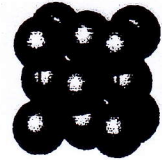
Titik kisi persel : $8 \times 1/8 + 6/2 = 4$

Jarak tetangga terdekat : $\sqrt{2}a/2$

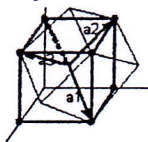
Jml tetangga terdekat : 12

Contoh : Cu, Ag, Au, Al, Pb, Ni, Fe, Nb

Vektor primitif : $a_1 = a/2 (x + y)$
 $a_2 = a/2 (y + z)$
 $a_3 = a/2 (x + z)$



3. Body Centered Cubic



Sel Primitif ≠ Sel Konvensional

Jumlah titik lattice pada

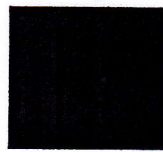
• Sel primitif : $8 \times 1/8 = 1$ buah

• Sel konvensional : $(8 \times 1/8) + 1 = 2$ buah

Vektor translasi primitif BCC

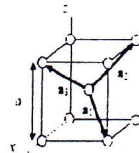


Model BCC dalam 3 dimensi



Sudut antara sumbu-sumbu BCC

Body Centered Cubic (bcc)



Volume sel satuan : $a^3 / 2$

Titik kisi persel : $8 \times 1/8 + 1 = 2$

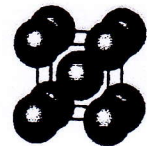
Jarak tetangga terdekat : $\sqrt{3}a/2$

Jumlah tetangga terdekat : 8

Contoh : Na, Li, K, Rb, Cs, Cr, Fe, Nb

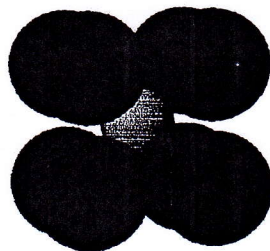
Vektor primitif

$a_1 = a/2 (x + y - z)$
 $a_2 = a/2 (-x + y + z)$
 $a_3 = a/2 (x - y + z)$



Contoh BCC

Struktur Kristal Cesium Chlorida (CsCl)



Volume Sel Primitive

$V_p = |a_1 \cdot a_2 \times a_3|$
 $= |a_2 \cdot a_3 \times a_1|$
 $= |a_3 \cdot a_1 \times a_2|$

Latihan Soal :

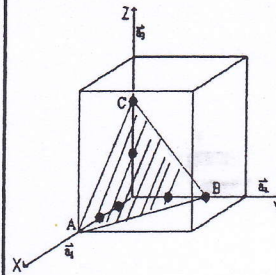
1. Hitunglah Volume cell primitif dan cell konvensional untuk :

- SC
- FCC
- BCC

Sistem Indeks Untuk Bidang Kristal

Suatu kristal akan mempunyai bidang – bidang atom, untuk itu bagaimana kita merepresentasikan suatu bidang datar dalam suatu kisi kristal, yang dalam istilah kristalografi sering disebut dengan *Indeks Miller*.

Contoh menentukan indeks miller



1. Bidang-bidang ABC akan memotong sumbu a_1 di $3a_1$, memotong a_2 di $2a_2$, dan memotong sumbu a_3 di $2a_3$.
2. Bila $|a_1| = |a_2| = |a_3| = 1$ maka kebalikan dari bilangan tersebut adalah $1/3, 1/2, 1/2$.
3. Jadi ketiga bilangan bulat yang mempunyai perbandingan yang sama dari $1/3, 1/2, 1/2$ adalah 2, 3, 3 didapat dari $\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \times 6$.
4. Dengan demikian, indeks Miller bidang ABC adalah (hkl) senilai (2 3 3).

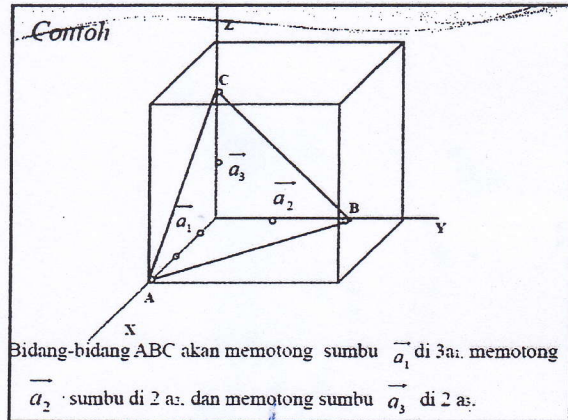
Sistem Indeks Untuk Bidang Kristal

ATURAN : Index Miller

- a. Tentukan titik-titik potong antara bidang yang bersangkutan dengan sumbu-sumbu () dalam satuan konstanta kisi, sumbu-sumbu di atas dapat dipakai sumbu konvensional (x,y,z) atau sumbu primitif (a_1, a_2, a_3).



Contoh



Bidang-bidang ABC akan memotong sumbu a_1 di $3a_1$, memotong a_2 di $2a_2$, dan memotong sumbu a_3 di $2a_3$.

- b. Tentukan kebalikan dari bilangan-bilangan tadi.

- c. Tentukan tiga bilangan bulat terkecil yang mempunyai perbandingan yang sama

$$\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \times (6) = (2 \ 3 \ 3)$$

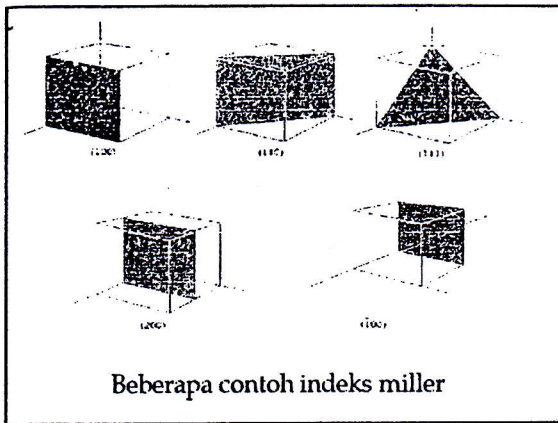
Index Miller Untuk Bidang
ABC

- Catatan

- Jika salah satu dari hkl negatif maka indeks bidang tersebut dapat dituliskan dengan tanda setrip di atasnya seperti $(\bar{h} \ kl)$ artinya h bertanda negatif.

Contoh: $(\bar{2} \ 3 \ 3)$ maka Indeks Millernya ditulis $(\bar{2} \ 3 \ 3)$

- Perhatikan bahwa dalam penulisan indeks bidang, kita tidak menggunakan tanda koma.



Jarak antara dua bidang kristal (SC) besarnya dirumuskan

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

Keterangan :

d = jarak antara dua bidang kristal

a = sisi kubus

h, k, l = indeks miller

Contoh :

Carilah jarak antara bidang (d) untuk bidang (010) dari kristal kubus sederhana yang mempunyai sisi kubus sebesar 2 Å

Jawab :

$$d_{010} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} = \frac{2}{\sqrt{0^2 + 1^2 + 0^2}} = 2 \text{ Å}$$

Contoh-contoh Struktur Kristal

- 1. Struktur Kristal Sodium Chlorida (NaCl = garam dapur)
- 2. Struktur Cesium Chlorida (CsCl)
- 3. Struktur Hexagonal Closed Packed (HCP)
- 4. Struktur Intan
- 5. Struktur Seng Sulfida (ZnS)

Struktur Kristal Natrium-Chlorida (NaCl = garam dapur)

Struktur kristal natrium chlorida merupakan kisi pusat muka (FCC).

Basisnya terdiri atas satu atom Na dan satu atom Cl dengan jarak pisah setengah panjang diagonal ruangnya.

NaCl yang setiap sel satuannya berbentuk kubus sederhana dengan posisi atom-atomnya seperti yang ditunjukkan gambar berikut

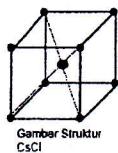


No.	Nama	Jarak (Å)	No.	Nama	Jarak (Å)	No.	Nama	Jarak (Å)
1	LiH	4,08	13	NaBr	5,97	25	MgS	5,20
2	MgO	4,20	14	NaI	6,47	26	MgSe	5,45
3	MnO	4,43	15	KF	5,35	27	CaO	4,61
4	NaCl	5,63	16	KI	7,07	28	CaS	5,49
5	AgBr	5,77	17	RbI	5,40	29	CsSe	5,91
6	PbS	5,92	18	RbCl	6,58	30	CsTe	6,54
7	KCl	6,29	19	RbBr	6,85	31	Si3N4	5,16
8	KBr	6,59	20	RbI	7,34	32	SiS	4,92
9	LiCl	5,13	21	CuF	6,01	33	SiSe	4,73
10	LiBr	5,50	22	AgF	4,82	34	W	4,47
11	LiI	6,00	23	AgCl	5,55	35	BaO	5,52
12	NaF	4,62	24	BaS	6,39	36	Bi	6,39

Struktur Cesium Chlorida (CsCl)

Cesium Chlorida (CsCl) memiliki satu molekul per sel satuan. Posisi atom-atomnya berada pada 000, dan mempunyai kisi Bravais BCC pada posisi $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$.

Tiap titik kisi diisi pola yang terdiri dari molekul CsCl, yaitu basis yang dengan ion Cs⁺ pada 000 dan ion Cl⁻ pada $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$. Atom sudut dari salah satu subkisi merupakan atom pusat dari subkisi yang lain. Oleh karena itu, jumlah atom tetangga terdekat adalah delapan, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



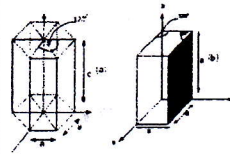
No	Kristal	Panjang sisi = a
1	BeCu	3,70
2	AlNi	3,88
3	CuZn	3,94
4	CuPd	3,99
5	AgMg	3,28
6	LiMg	3,29
7	NH ₄ Cl	3,87
8	TiBe	3,97
9	CuCl	4,11
10	Ti	4,20

Struktur Hexagonal Closed Packed (HCP)

Hexagonal Closed Packed (HCP) merupakan jenis kristal yang sudah umum. Misalnya, logam magnesium, titanium, seng, berilium, dan kobalt.

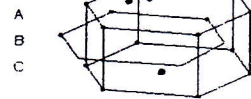
Unit sel heksagonal memiliki empat buah sumbu dengan sudut alas 120° dan 60°.

Kristal HCP dapat dipandang tersusun tiga unit sel rhombik dengan sudut 120° dan 60° seperti pada gambar berikut.



- a. Bentuk Heksagonal dengan Sumbu Empat
- b. Sel Rhombik sebagai Penyusun Sel Heksagonal

Bola-bola atom dalam HCP tersusun dalam satu bidang. Struktur kristal HCP dapat dilihat pada gambar berikut.

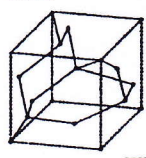


Gambar Struktur Kristal HCP

Tabel Beberapa Bahan dengan Struktur Seperti HCP									
No.	Nama Unsur	a (Å)	c	c/a a ₂ / a ₁	No.	Nama Unsur	a (Å)	c	c/a a ₂ / a ₁
1	Be	2,29	3,58	1,56	14	Na	3,66	5,90	1,61
2	Cd	2,98	5,62	1,89	15	Os	2,74	4,32	1,58
3	Co	3,65	5,96	1,63	16	Pr	3,67	5,92	1,61
4	Cu	2,51	4,07	1,62	17	Re	2,76	4,46	1,62
5	Dy	3,59	5,65	1,57	18	Ra	2,70	4,28	1,59
6	Er	3,56	5,59	1,57	19	Se	3,31	5,27	1,59
7	Gd	3,64	5,78	1,59	20	Th	3,60	5,69	1,58
8	Hf	3,57	5,83	1,63	21	Ti	2,95	4,69	1,59
9	Hf	3,20	5,06	1,58	22	Tl	3,46	5,53	1,60
10	Mo	3,58	5,82	1,57	23	Yb	3,56	5,55	1,57
11	La	3,75	6,07	1,62	24	Y	3,65	5,73	1,57
12	Lu	3,58	5,55	1,59	25	Zn	2,66	4,95	1,86
13	Mg	3,21	5,21	1,62	26	Zr	3,23	5,15	1,59

Struktur Intan

Struktur Intan mempunyai ruang kisi yang berbentuk FCC dan merupakan gabungan dari subkisi FCC, dengan basis primitifnya mempunyai dua atom yang identik, yaitu pada posisi asal 000 dan $\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}$, seperti ditunjukkan oleh gambar berikut.



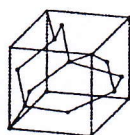
Struktur Intan dapat juga dipandang sebagai kisi yang dapat bergeser sejauh seperempat diagonal kubus dalam diagonal FCC yang lain sehingga sel kubus konvensionalnya berisi delapan buah atom

Tabel Beberapa Bahan dengan struktur Intan

No.	Kristal	Jarak (Å)
1	C (intan)	3,57
2	Si	3,43
3	Ge	3,66
4	(grey)	6,46

Struktur Seng Sulfida (ZnS)

Struktur kubus sulfida seng dihasilkan pada saat atom-atom Zn ditempatkan pada salah satu kisi kubus FCC dan atom-atom sulfur ditempatkan pada sisi kubus lainnya seperti ditunjukkan oleh gambar berikut.



Tabel Beberapa Bahan dengan Struktur ZnS

No	Kristal	a	No	Kristal	a	No	Kristal	a
1	CuF	4,36	11	ZnS	5,42	21	AlSb	6,13
2	CuCl	5,41	12	ZnSe	5,67	22	GaP	5,42
3	CuBr	5,69	13	ZnTe	6,09	23	GaAs	5,65
4	CuI	6,04	14	CdS	5,82	24	GaSb	6,12
5	AgI	6,47	15	CdTe	6,48	25	InP	5,87
6	BeS	4,85	16	HgS	5,85	26	InAs	6,04
7	BeSe	5,07	17	HgSe	6,08	27	InSb	6,48
8	BeTe	5,54	18	HgTe	6,43	28	SaC	4,35
9	MnS	5,60	19	AlP	5,45			
10	MnSe	5,82	20	AlAs	5,62			

SELESAI



Terima Kasih

BAB I STRUKTUR KRISTAL

Sebagian besar materi fisika zat padat adalah kristal dan elektron di dalamnya. fisika zat padat mulai dikembangkan awal abad ke 20. mengikuti penemuan difraksi sinar-x oleh kristal.

Sebuah kristal ideal disusun oleh satuan-satuan struktur yang identik secara berulang-ulang yang tak hingga di dalam ruang.

Semua struktur kristal dapat digambarkan atau dijelaskan dalam istilah-istilah *lattice* (kisi) dan sebuah basis yang ditempelkan pada setiap titik *lattice* (kisi).

Lattice (kisi) : Sebuah susunan titik yang teratur dan periodik di dalam ruang

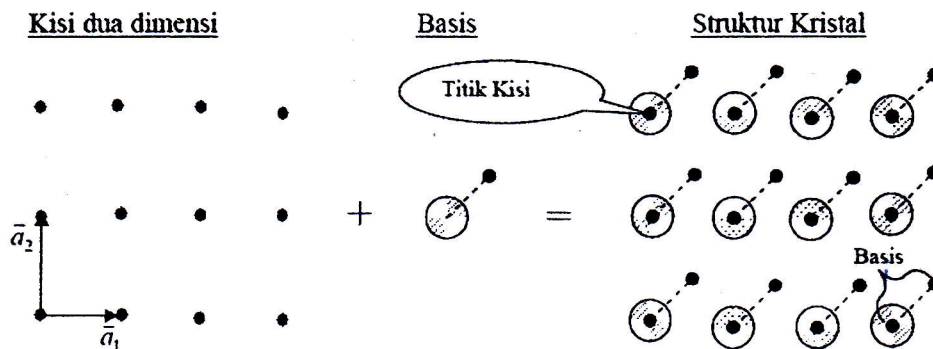
Sebuah abstraksi matematik

Basis : Sekumpulan atom-atom

Jumlah atom dalam sebuah basis : satu buah atom atau lebih.

Struktur kristal = Kisi + Basis

Contoh :



Jarak antar kisi dalam arah sumbu X = \vec{a}_1

Jarak antar kisi dalam arah sumbu Y = \vec{a}_2

Jarak dari titik yang satu ke titik yang lain boleh sama atau berbeda. jika sama (dalam kisi dua dimensi) akan berbentuk bujur sangkar dan jika berbeda akan berbentuk 4 persegi panjang.

Contoh : $\text{H}_2\text{O} = 1$ basis (ada 3 atom)

$\text{H}_2\text{SO}_4 = 1$ basis (ada 7 atom)

Untuk kristal monoatomik dalam 1 basis hanya 1 atom.

Sebuah operasi translasi kisi didefinisikan sebagai perpindahan dari sebuah kristal oleh sebuah vektor translasi kristal (\vec{T})

$$\vec{T} = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

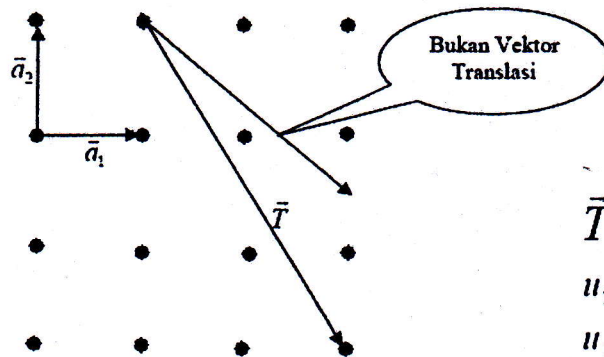
Dimana :

u = Bilangan bulat

\vec{a} = Vektor translasi primitif (jarak antar titik kisi)

= Sumbu-sumbu kristal

Contoh :



$$\vec{T} = -3\vec{a}_1 + 2\vec{a}_2$$

$$u_1 = -3$$

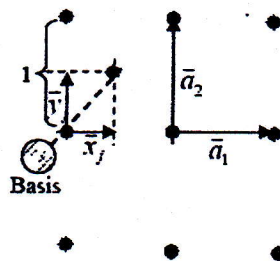
$$u_2 = 2$$

Posisi dari sebuah pusat atom j dari sebuah basis relative terhadap titik *lattice* dimana basis diletakkan adalah:

$$\vec{r}_j = x_j \vec{a}_1 + y_j \vec{a}_2 + z_j \vec{a}_3$$

Dengan : $0 \leq x_j, y_j, z_j \leq 1$

Contoh:



Cell Lattice Primitif

= Sebuah sel yang mempunyai luas atau volume terkecil

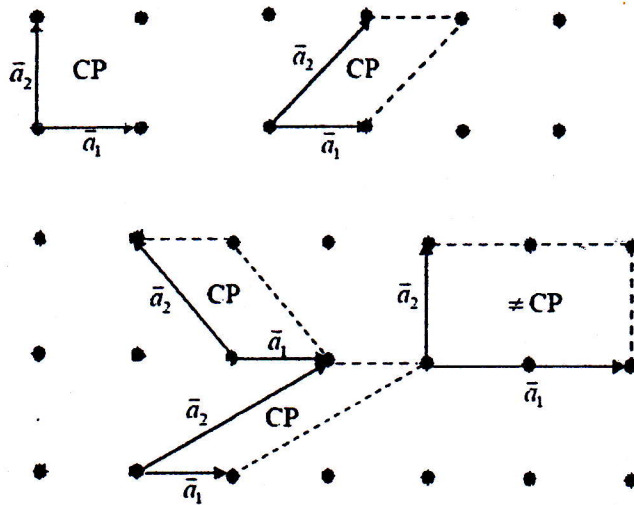
= Lawan dari sel konvensional, yaitu sel yang mempunyai luas atau volume terbesar

= Sel yang mempunyai 1 titik kisi

= Sebuah paralelepiped yang dibentuk oleh sumbu-sumbu, $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$

Sel epiped = sebuah bangun yang sisinya sejajar / bidang yang dibatasi oleh garis-garis
Sejajar.

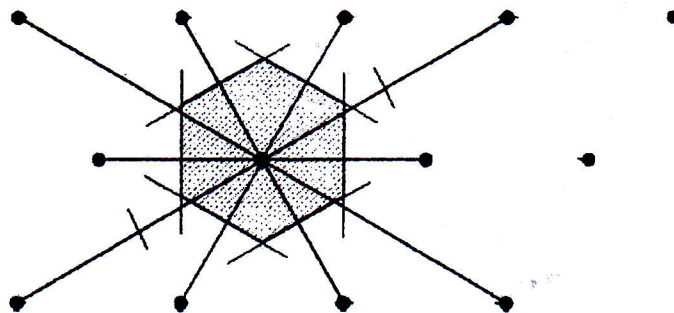
Cara Menentukan sel primitif (Sumbu-sumbu primitif)



Cara lain untuk memilih sel primitif : Metode Wigner Seitz.

1. Hubungkan sebuah titik lattice dengan titik lattice di sekitarnya.
2. di tengah-tengah dan tegak lurus terhadap garis penghubung ini. lukislah garis-garis atau bidang-bidang. Luas terkecil atau volume terkecil yang dilingkupi oleh garis-garis atau bidang-bidang ini disebut dengan sel primitif Wigner seitz.

Contoh:



Tipe-tipe lattice dasar

Lattice (kisi) dua dimensi : ada lima (5) jenis, yaitu

- 1 Kisi miring
- 2 Kisi bujur sangkar
- 3 Kisi heksagonal
- 4 Kisi segi panjang
- 5 Kisi segi panjang berpusat

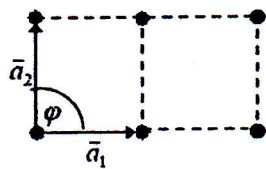
Catatan :

Jenis kisi no 1 : jenis kisi umum

Jenis kisi no 2, 3, 4 dan 5 merupakan jenis kisi khusus

Contoh :

Kisi Bujur Sangkar



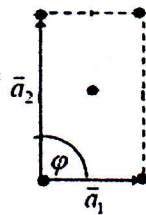
$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| : \varphi = 90^\circ$$

Jumlah titik lattice pada :

Cel konvensional = $4 \times 1/4 = 1$ buah

Cel primitif = $1/4 \times 4 = 1$ buah

Kisi segi panjang berpusat



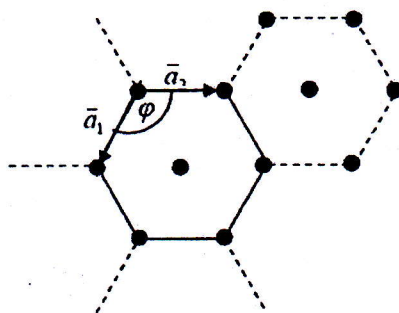
$$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2| : \varphi = 90^\circ$$

Jumlah titik lattice pada :

Cel konvensional = $(4 \times 1/4) + 1 = 2$ buah

Cel primitif = $4 \times 1/4 = 1$ buah

Kisi Heksagonal



$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| : \varphi = 120^\circ$$

Jumlah titik lattice pada :

Cel konvensional = $(4 \times 1/4) + 1 = 2$ buah

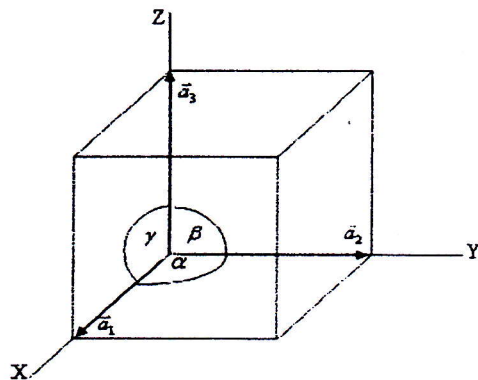
Cel primitif = $4 \times 1/4 = 1$ buah

Lattice 11ga dimensi : ada 14 jenis. yaitu

SISTEM	JUMLAH KISI	SUMBU KONVENSIONAL	SUDUT
Triklinik	1	$ \bar{a}_1 \neq \bar{a}_2 \neq \bar{a}_3 $	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$
Monoklinik	2	$ \bar{a}_1 \neq \bar{a}_2 \neq \bar{a}_3 $	$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
Ortorombik	4	$ \bar{a}_1 \neq \bar{a}_2 \neq \bar{a}_3 $	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Tetragonal	2	$ \bar{a}_1 = \bar{a}_2 \neq \bar{a}_3 $	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Kubus	3	$ \bar{a}_1 = \bar{a}_2 = \bar{a}_3 $	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Trogonal	1	$ \bar{a}_1 = \bar{a}_2 = \bar{a}_3 $	$\alpha = \beta = \gamma < 120^\circ \neq$
Heksagonal	1	$ \bar{a}_1 = \bar{a}_2 \neq \bar{a}_3 $	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
Jumlah Kisi			14 Buah

Contoh : Kisi Kubus (3 Jenis)

a. Kubus Sederhana / Simple Cubic (SC)



Sel Primitif = Sel Konvensional

Jumlah titik lattice = $8 \times 1/8 = 1$ buah (Pada setiap sudut dipakai 8 kubus sel)

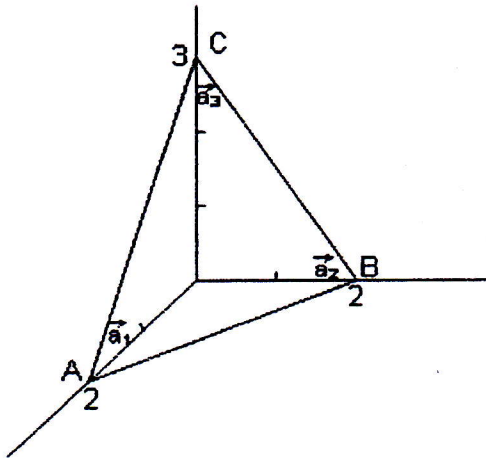
$$\bar{a}_1 = a\hat{x}$$

$$\bar{a}_2 = a\hat{y}$$

$$\bar{a}_3 = a\hat{z}$$

1. Tentukan titik potong antara bidang yang bersangkutan dengan sumbu-sumbu ($\bar{a}_1, \bar{a}_2, \bar{a}_3$) / sumbu-sumbu primitif atau konvensional dalam satuan konstanta lattice (a_1, a_2, a_3).
2. Tentukan kebalikan (reciprok) dari bilangan-bilangan tadi, dan kemudian tentukan tiga bilangan bulat (terkecil) yang mempunyai perbandingan yang sama. Indeks (h k l).

Contoh :



Bidang ABC memotong sumbu-sumbu :

\bar{a}_1 di $2a_1$

\bar{a}_2 di $2a_2$

\bar{a}_3 di $2a_3$

Kebalikannya adalah $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}$

Jika ketiga bilangan bulat yang mempunyai perbandingan yang sama seperti di atas adalah 3, 3, 2, dengan demikian indeks bidang ABC tersebut adalah (3 3 2).

Perhatikan bahwa dalam penulisan indeks kita tidak menggunakan tanda koma.

Misal:

$$\begin{array}{ccc} (3 & 3 & 2) \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ (h & k & l) \end{array}$$

Jika salah satu dari h k l negatif, maka indeks bidang tersebut ditulis (\bar{h} k l), artinya h bertanda negatif.

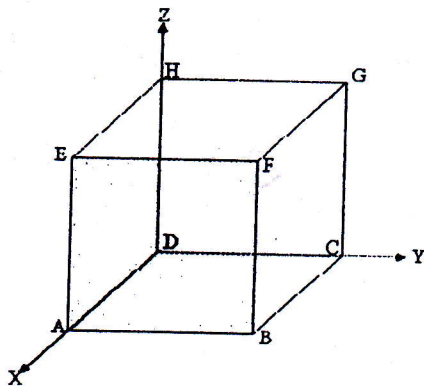
Untuk Sel kubus, jarak antar bidang hkl dapat ditulis sebagai berikut :

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

Contoh-contoh Indeks Miller untuk sel kubus primitif maupun konvensional :

Kubus Sederhana : sel konvensional = sel primitif

Bidang ABFE



Perpotongan bidang ABFE dengan sumbu:

X di $1a\hat{x}$

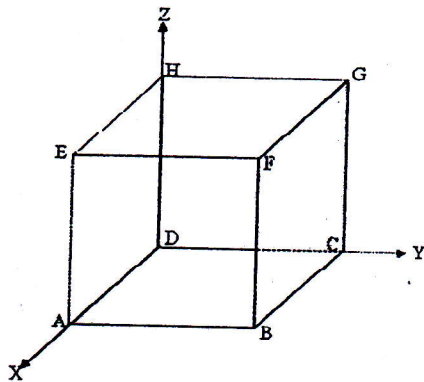
Y di $\sim a\hat{y}$

Z di $\sim a\hat{z}$

Kebalikannya : $\frac{1}{1} \cdot \frac{1}{\sim} \cdot \frac{1}{\sim}$

Jadi, indeks bidang ABFE adalah
(1 0 0)

Bidang BCGF



Perpotongan bidang BCGF dengan sumbu:

X di $\sim a\hat{x}$

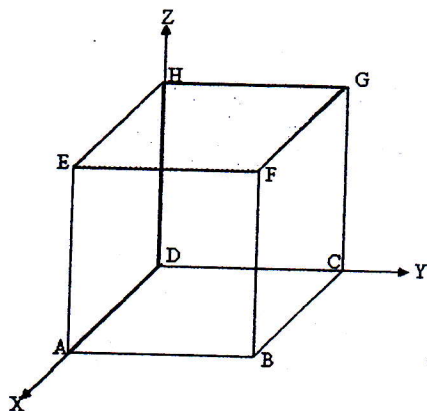
Y di $1a\hat{y}$

Z di $\sim a\hat{z}$

Kebalikannya : $\frac{1}{\sim} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{\sim}$

Jadi, indeks bidang BCGF adalah
(0 1 0)

Bidang EFGH



Perpotongan bidang EFGH dengan sumbu:

X di $\sim a\hat{x}$

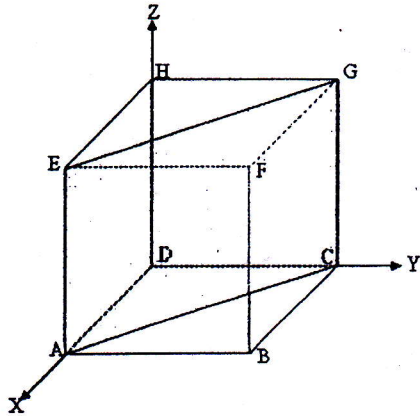
Y di $\sim a\hat{y}$

Z di $1a\hat{z}$

Kebalikannya : $\frac{1}{\sim} \cdot \frac{1}{\sim} \cdot \frac{1}{1}$

Jadi, indeks bidang EFGH adalah
(0 0 1)

Bidang ACGE



Perpotongan bidang ACGE dengan sumbu:

X di $1a\hat{x}$

Y di $1a\hat{y}$

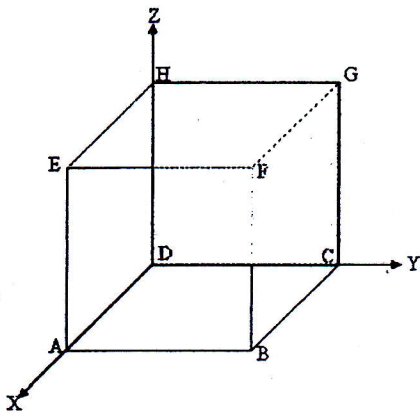
Z di $\sim a\hat{z}$

Kebalikannya : $\frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{\sim}$

Jadi, indeks bidang ACGE adalah

$(1 \ 1 \ 0)$

Bidang DCGH



Bidang DCGH sejajar dengan bidang ABFE, dan menempel di sumbu Y dan Z. artinya bidang tersebut tidak hanya satu tetapi lebih dari satu. maka indeks bidang DCGH adalah :

$\{1 \ 0 \ 0\}$

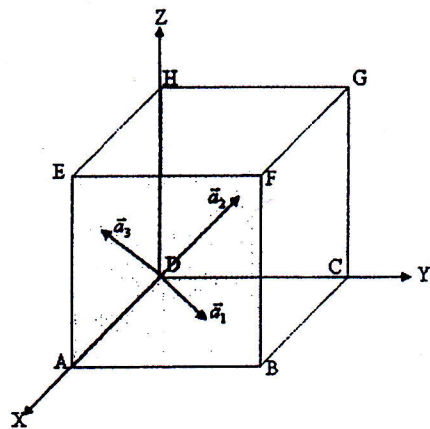
Tanda $\{1 \ 0 \ 0\}$ menyatakan kumpulan bidang-bidang yang sejajar dengan bidang $(1 \ 0 \ 0)$.

Sama halnya dengan Bidang ADHE yang sejajar dengan bidang BCGF, maka indeks bidang ADHE adalah $\{1 \ 0 \ 0\}$ begitu juga dengan bidang ABCD sejajar dengan bidang EFGH, maka bidang ABCD adalah $\{0 \ 0 \ 1\}$. dan seterusnya.

Jadi, apabila bidanganya menempel di sumbu, indeksnya akan sama dengan indeks bidang yang sejajar dengannya.

Kubus Pusat Muka (FCC) : sel konvensional \neq sel primitif

Bidang ABEF



Perpotongan bidang ABEF dengan sumbu primitif :

$$\left. \begin{array}{l} \bar{a}_1 \text{ di } 2\hat{a}_1 \\ \bar{a}_2 \text{ di } \sim \hat{a}_2 \\ \bar{a}_3 \text{ di } 2\hat{a}_3 \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

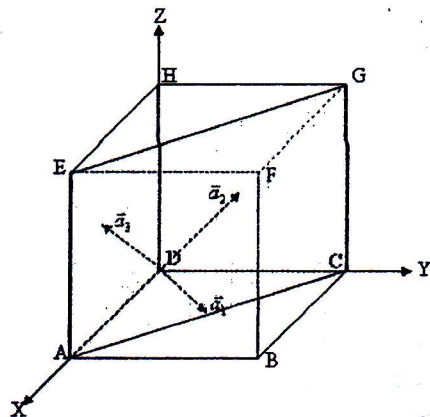
Maka, indeks bidang ABEF pada sel primitif adalah $(1 \ 0 \ 1)_P$

Sedangkan pada sumbu konvensional bidang ABEF berpotongan pada:

$$\left. \begin{array}{l} X \text{ di } 1a\hat{x} \\ Y \text{ di } \sim a\hat{y} \\ Z \text{ di } \sim a\hat{z} \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{\sim} \cdot \frac{1}{\sim}$$

Jadi, indeks bidang ABEF pada sel konvensional adalah $(1 \ 0 \ 0)_K$

Bidang ACGF



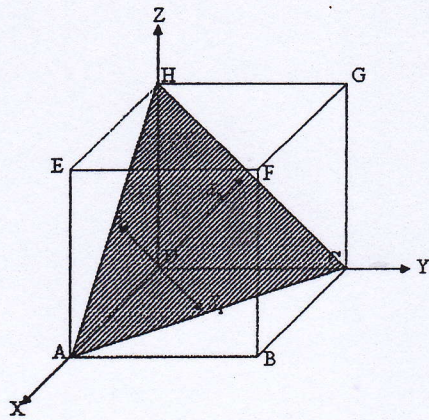
Dengan menggunakan sumbu konvensional pada kubus FCC, bidang ACGF mempunyai indeks $(1 \ 1 \ 0)_K$

Sedangkan pada sumbu primitif bidang ACGF berpotongan dengan

$$\left. \begin{array}{l} \bar{a}_1 \text{ di } 1\hat{a}_1 \\ \bar{a}_2 \text{ di } 2\hat{a}_2 \\ \bar{a}_3 \text{ di } 2\hat{a}_3 \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

Maka, indeks bidang ACGF pada sel primitif adalah $(2 \ 1 \ 1)_P$

Bidang ACH



Dengan menggunakan sumbu konvensional pada kubus FCC, bidang ACH mempunyai indeks $(1\ 1\ 1)_K$

Sedangkan pada sumbu primitif bidang ACH berpotongan dengan

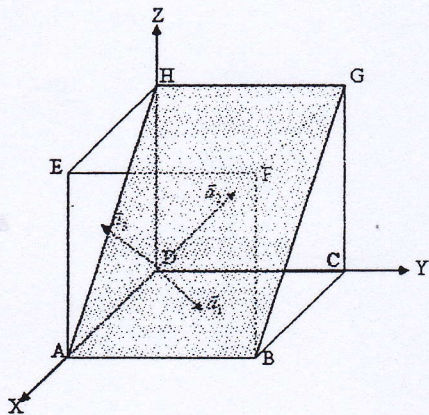
$$\left. \begin{array}{l} \bar{a}_1 \text{ di } l\hat{a}_1 \\ \bar{a}_2 \text{ di } l\hat{a}_2 \\ \bar{a}_3 \text{ di } l\hat{a}_3 \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1}$$

Maka, indeks bidang ACH pada sel primitif adalah $(1\ 1\ 1)_P$

Jadi, indeks bidangnya sama baik pada sel

konvensional maupun pada sel primitif.

Bidang ABGH



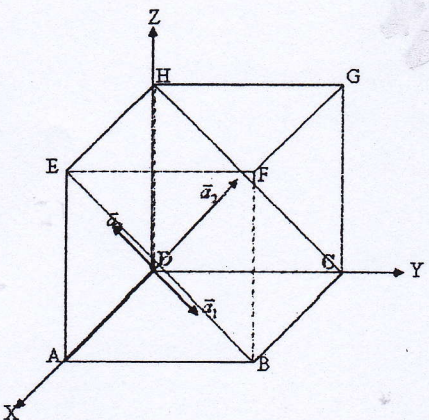
Dengan menggunakan sumbu konvensional pada kubus FCC, bidang ABGH mempunyai indeks $(1\ 0\ 1)_K$

Sedangkan pada sumbu primitif bidang ABGH berpotongan dengan

$$\left. \begin{array}{l} \bar{a}_1 \text{ di } 2\hat{a}_1 \\ \bar{a}_2 \text{ di } 2\hat{a}_2 \\ \bar{a}_3 \text{ di } l\hat{a}_3 \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1}$$

Maka, indeks bidang ABGH pada sel primitif adalah $(1\ 1\ 2)_P$

Bidang BCEH

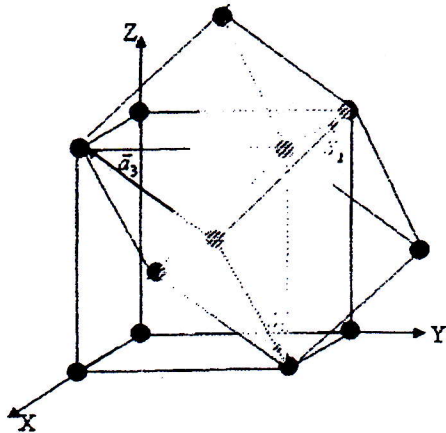


Dengan menggunakan sumbu konvensional pada kubus FCC, bidang ABGH mempunyai indeks $(1\ 0\ 1)_K$. Sedangkan pada sumbu primitif bidang ABGH berpotongan dengan

$$\left. \begin{array}{l} \bar{a}_1 \text{ di } 2\hat{a}_1 \\ \bar{a}_2 \text{ di } 2\hat{a}_2 \\ \bar{a}_3 \text{ di } l\hat{a}_3 \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1}$$

Maka, indeks bidang ABGH pada sel primitif adalah $(1 \ 1 \ 2)_P$. Begitu juga dengan bidang-bidang yang lainnya, pada kubus FCC.

Kubus Pusat Badan (BCC) : sel konvensional \neq sel primitif

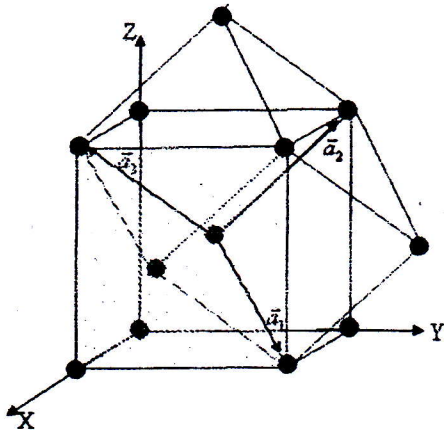


Dengan menggunakan sumbu primitif pada kubus BCC, bidang yang mempunyai indeks $(1 \ 1 \ 0)_P$ seperti gambar di samping, berpotongan pada sumbu konvensional dengan

X di $1\hat{x}$
Y di $1\hat{y}$
Z di $-1\hat{z}$

$$\left. \begin{array}{l} X \text{ di } 1\hat{x} \\ Y \text{ di } 1\hat{y} \\ Z \text{ di } -1\hat{z} \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{-1}$$

Maka, indeks bidang ABGH pada sel konvensional adalah $(1 \ 1 \ \bar{1})_K$



Dengan menggunakan sumbu konvensional pada kubus BCC, bidang yang mempunyai indeks $(1 \ 0 \ 0)_K$ seperti gambar di samping, berpotongan pada sumbu primitif dengan

\bar{a}_1 di $1\hat{a}_1$
 \bar{a}_2 di $-1\hat{a}_2$
 \bar{a}_3 di $1\hat{a}_3$

$$\left. \begin{array}{l} \bar{a}_1 \text{ di } 1\hat{a}_1 \\ \bar{a}_2 \text{ di } -1\hat{a}_2 \\ \bar{a}_3 \text{ di } 1\hat{a}_3 \end{array} \right\} \text{Kebalikannya : } \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{-1} \cdot \frac{1}{1}$$

Maka, indeks bidang ABGH pada sel konvensional adalah $(1 \ \bar{1} \ 1)_P$

- SKS : 3(3-0) SKS
 Waktu Pertemuan : 3 x 150 Menit
 Pertemuan Ke : 1, 2 dan 3
- A. Tujuan
1. TIU
 2. TIK
- : Mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep struktur Kristal
 : Setelah mengikuti perkuliahan mahasiswa diharapkan dapat :
1. Membedakan jenis kristal, polikristal dan amorf
 2. Menyebutkan perbedaan kisi Bravais dan Non Bravais
 3. Menggambar bidang kristal dengan Indeks Miller
 4. Mendefinisikan kisi resiprok
 5. Menyatakan bagaimana dimensi dan struktur kristal dengan metode difraksi
- B. Pokok Bahasan : Struktur Kristal
- C. Sub PB
1. Kisi Kristal, Kisi Bravais, Tipe Dasar Kisi Kristal, Indeks Miller
 2. Difraksi
 3. Kisi Resiprok
 4. Penentuan struktur Kristal
- D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahapan Kegiatan	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan Alat Peraga
Pendahuluan	Memperkenalkan identitas dan status matakuliah serta membahas kontrak kuliah	Memperhatikan, menulis kontrak kuliah dan memberi tanggapan	Papan Tulis, Spidol,
Kegiatan inti	Mahasiswa menerima penjelasan secara garis besar tentang pengertian kristal, polikristal dan amorf, membedakan kisi bravais dan non bravais, analisis indeks miller, pengertian kisi resiprok, menentukan struktur kristal, pengertian kisi resiprok menentukan struktur kristal, menggunakan metode difraksi, membahas persoalan- persoalan sederhana yang berkaitan dengan konsep struktur kristal	Memperhatikan dan membuat ringkasan, berdiskusi berdasarkan masalah yang dipilih dalam kelompok Menjawab pertanyaan dalam LKM, mempresentasikan hasil diskusi kelompok dan memberi tanggapan hasil diskusi kelompok lain	LCD dan laptop, papan tulis dan spidol LKM
Penutup	Memberikan kesempatan bertanya tentang materi yang belum dimengerti dan menjawab pertanyaan yang diajukan oleh mahasiswa Menyimpulkan materi perkuliahan Memberikan tugas yang harus dikerjakan di rumah	Memberikan pertanyaan tentang materi yang belum dipahami, mencatat tugas yang diberikan dosen	Papan Tulis dan Spidol LCD dan laptop,

E. Penutup : Tanya jawab dengan mahasiswa, hasil diskusi dari LKM dan Tugas

Modul 1 : Geometri Struktur Kristal

1. Dasar-dasar Struktur Kristal (Kegiatan Belajar 1) Pra-PTK
2. Arah dan Bidang Kristal(Kegiatan Belajar 2) Siklus I

Modul 2 : Struktur Kristal Sederhana

1. Struktur Kristal Kubik(Kegiatan Belajar 3) Siklus 2
2. Struktur Kristal Sederhana(Kegiatan Belajar 4) Siklus 3

Tes Awal

1. Apakah yang dimaksud dengan kisi?
2. Apakah yang dimaksud dengan basis?
3. Apakah yang dimaksud dengan kristal?
4. Apakah yang dimaksud dengan sel primitif?
5. Jelaskan dan beri contoh cara melukis sel primitif *Wigner-Seitz*

Tes Siklus I

1. Apakah yang membedakan antara kristal dan amorf ?
2. Apa yang dimaksud dengan sel Konvensinal ?
3. Apa yang dimaksud dengan vektor translasi primitif ?
4. Gambarkan vektor translasi kristal dalam 2 dimensi bila diketahui $u_1 = 3$ satuan panjang $u_2 = -2$ satuan panjang
5. Apabila vektor-vektor translasi primitif adalah $a_1 = 4ax$; $a_2 = 2ay$; $a_3 = 2az$
Carilah volume sel primitif.

Tes Siklus 2

1. Gambarlah posisi sel (posisi titik) pada 1,1,0
2. Gambarkan arah [010] pada kristal yang berbentuk kubus
3. Tentukan indeks Miller bidang yang memotong sumbu-sumbu kristal pada $a_1 = -2$, $a_2 = 2/3$, $a_3 = 3/2$
4. Sebutkan ciri-ciri struktur kubus sederhana
5. Secara umum apakah perbedaan antara kristal kubik dan kristal heksagonal ?

Tes Siklus 3

1. Suatu logam struktur fcc dan jari-jari atomnya adalah 1,746 Amstrong. Panjang sisi kubiknya adalah...
a. 0,87 A b. 0,44V2 A c. 2,33V3 A d. 3,49V2 A
2. Ciri dari kristal kubus bcc, antara lain.....
a. hanya memiliki delapan atom sudut b. Memiliki bilangan koordinasi = 8
c. Memiliki bilangan koordinasi = 12 d. memiliki enam atom pusat kubus
3. Pada kristal sistem fcc, atom-atom bersinggungan.....
a. disepanjang sisi kubus b. Disepanjang garis diagonal ruang
d. di seluruh unit sel c. di sepanjang garis diagonal bidang muka kristal
4. Struktur intan merupakan gabungan kisi-kisi sederhana, yaitu antara
a. fcc dan bcc b. fcc dan sc c. dua fcc d. dua sc
5. Kristal-kristal di bawah ini yang termasuk dalam struktur seng sulfida adalah....
a. CuF, CuCl, AgI b. Ge, Si, C c. LiH, KBr, PbS d. TlBr, TlI, NH₄Cl

